

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

# A integração do instrumento ao campo da engenharia didática

*o caso do  
perspectógrafo*

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção -  
**PPGEP**

A integração do instrumento  
ao  
campo da engenharia  
didática  
*o caso do perspectógrafo*

Tese  
de doutorado em  
**Engenharia de Produção**

Apresentada por  
Silvana Bernardes Rosa

Orientadora  
Leila Amaral Gontijo

1998

# A integração do instrumento ao campo da engenharia didática o caso do perspectógrafo

Doutoranda: Silvana Bernardes Rosa

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de “Doutor em Engenharia de Produção”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

---

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Phd  
Coordenador do Programa

Banca Examinadora:

---

Leila Amaral Gontijo – Dr. Ing  
Orientadora

---

Neri dos Santos – Dr. Ing.

---

Sandra Regina Ramalho e Oliveira  
Dr. – UDESC

---

Marco Antônio C. Caldeira  
Dr. – UNESP

---

Vânia Ribas Ulbricht – Dr.

Florianópolis, junho de 1998

***Nego,  
aqui tem mais uma peça  
para a obra que estamos  
construindo juntos***

## AGRADECIMENTOS

Eu gostaria de agradecer a todos aqueles que, ao longo dos anos de pesquisa, dedicaram alguns minutos, ou mesmo horas de atenção, em pequenas e grandes discussões, fazendo avançar o trabalho. Agradeço especialmente a Dominique Darras, que me confiou seus alunos, viabilizando assim o levantamento de dados. Não poderia esquecer da inspiração que obtive dos trabalhos de Gérard Vergnaud e da atenção que ele me dedicou. Destaco também a contribuição de Pierre Rabardel que orientou os trabalhos ao longo de minha permanência na França. Finalmente quero lembrar especialmente a dedicação de Vania Ribas Ulbricht a todas as fases do trabalho, seja com apoio material, operacional ou mesmo emocional.

## RESUMO

O objeto desta pesquisa é o estudo dos processos de construção de conhecimento, em situação de ensino, de conteúdos ligados ao campo da representação gráfica. As diversas dificuldades na aquisição do domínio do espaço projetivo, identificadas nos inúmeros trabalhos tanto em psicologia como em didática, indicam a utilidade de uma intervenção no campo da ação didática. Considerando a hipótese de conduzir um aprendizado baseado na ação do sujeito sobre o conteúdo a ensinar, optou-se pela construção de um aparelho que permitisse a grafia de perspectivas, concebido inicialmente no século XVI e chamado neste trabalho de perspectógrafo. Este aparelho, ao ser introduzido na situação de ensino, é analisado sob o ponto de vista instrumental de modo a que seja estabelecido seu papel em um processo de condução da construção de conhecimentos assim como sua contribuição para o desenvolvimento de competência no campo da resolução de problemas. Neste sentido sua análise se baseia em três óticas principais: a ótica do instrumento, da construção do conhecimento e da didática, destacando nesta última o campo da engenharia didática. Os resultados são avaliados do ponto de vista do modelo de Situações de Ensino Instrumentada - SEI, que analisa as situações didáticas nas quais foram introduzidas as situações instrumentadas. Foram analisadas as ações de produção de representação gráfica, de gestão de parâmetros da perspectiva e de gestão do processo de ensino do ponto de vista da construção e da evolução da competência. Na evolução do processo de engenharia didática, que incorpora um instrumento de simulação, destacam-se diferentes fases de construção do sentido: a ação, de tomada de consciência ou de institucionalização e a mudança do sistema de significantes ou o jogo de quadros. Todas as fases são conduzidas pelo mestre e tem como objeto o conhecimento do aluno.

**L'intégration de l'instrument dans le domaine de l'ingénierie didactique - le cas du perspectographe**

## Resumé:

L'objet de cette recherche est l'étude des processus de construction de connaissances liés au champ de la représentation graphique dans des situations d'enseignement. Plusieurs études, aussi bien en psychologie qu'en didactique ont identifié les échecs des élèves dans la maîtrise de l'espace projectif démontrant ainsi l'utilité d'une intervention dans le champ de l'action didactique. Partant de l'hypothèse d'un apprentissage fondé sur l'action du sujet sur le contenu enseigné, nous avons choisi l'option de construire un appareil conçu au XVI<sup>e</sup> siècle nommée perspectographe. Ce perspectographe permet la construction des graphismes de perspective. Cet appareil est introduit dans une situation d'enseignement où il est évalué selon l'approche instrumentale. L'objectif était d'établir le rôle du perspectographe dans le processus de conduction de la construction des connaissances et de mettre en évidence sa contribution au développement de compétence dans le domaine de la résolution de problèmes. Selon cette perspective, nous analysons le perspectographe sous trois optiques principales: l'optique de l'instrument, celle de la construction des connaissances et celle de la didactique, en particulier dans le champ de l'ingénierie didactique. Les résultats sont analysés à travers le modèle de Situation d'Enseignement Instrumenté - SEI, qui analyse les situations didactiques où l'on introduit des situations instrumentées. Nous avons évalué trois types d'activités, selon un approche centrée sur la construction de la connaissance et de l'évolution de la compétence: des actions de production d'une représentation graphique, de gestion des paramètres de la perspective et la gestion du processus d'enseignement lui même. Dans l'évolution du processus d'ingénierie didactique, qui incorpore un instrument de simulation, il a été mis en évidence des différentes phases de construction du sens: l'action, la prise de conscience ou l'institutionnalisation et le changement du système de signifiants ou le jeu de cadres. Tous les phases étant conduites par le maître ont pour objet la connaissance de l'élève.

## RESUMÉ

L'objet de cette recherche est l'étude des processus de construction de connaissances liés au champ de la représentation graphique dans des situations d'enseignement. Plusieurs études, aussi bien en psychologie qu'en didactique ont identifié les échecs des élèves dans la maîtrise de l'espace projectif démontrant ainsi l'utilité d'une intervention dans le champ de l'action didactique. Partant de l'hypothèse d'un apprentissage fondé sur l'action du sujet sur le contenu enseigné, nous avons choisi l'option de construire un appareil conçu au XVI<sup>e</sup> siècle nommée perspectographe. Ce perspectographe permet la construction des graphismes de perspective. Cet appareil est introduit dans une situation d'enseignement où il est évalué selon l'approche instrumentale. L'objectif était d'établir le rôle du perspectographe dans le processus de conduction de la construction des connaissances et de mettre en évidence sa contribution au développement de compétence dans le domaine de la résolution de problèmes. Selon cette perspective, nous analysons le perspectographe sous trois optiques principales: l'optique de l'instrument, celle de la construction des connaissances et celle de la didactique, en particulier dans le champ de l'ingénierie didactique. Les résultats sont analysés à travers le modèle de Situation d'Enseignement Instrumenté - SEI, qui analyse les situations didactiques où l'on introduit des situations instrumentées. Nous avons évalué trois types d'activités, selon un approche centrée sur la construction de la connaissance et de l'évolution de la compétence: des actions de production d'une représentation graphique, de gestion des paramètres de la perspective et la gestion du processus d'enseignement lui même. Dans l'évolution du processus d'ingénierie didactique, qui incorpore un instrument de simulation, il a été mis en évidence des différentes phases de construction du sens: l'action, la prise de conscience ou l'institutionnalisation et le changement du système de signifiants ou le jeu de cadres. Tous les phases étant conduites par le maître ont pour objet la connaissance de l'élève.



## ABSTRACT

The purpose of this research is to study the processes of building knowledge, in teaching situations linked to the area of graphic representation. The various difficulties in mastering projective space, identified in innumerable studies, both in psychology and in teaching methods, point to the usefulness of an intervention in the area of teaching action. Considering the hypothesis of conducting a learning experience, based on the interaction between the subject and the content to be taught, it was decided to construct an apparatus that made possible graphic representation of perspectives, conceived at the beginning of the 16th century, and known in this study as a perspectograph. This device, on its introduction into a teaching situation, is analyzed from the instrumental viewpoint, to determine in what way it has contributed to competence in the problem-solving field. Thus, its analysis is based on three main points of view: the viewpoint of the instrument, of the building of knowledge and of teaching methodology, highlighting in the last, the field of engineering teaching. The results are analyzed from the viewpoint of the model of Instrumental Teaching Situations - SEI, which analyzes teaching situations into which instrumentalized situations were introduced. The production of graphic representation of the control of perspective parameters and of the teaching process was also analyzed from the viewpoint of the building and evolution of competence. In the evolution of the engineering teaching process, which incorporates a simulation instrument, different phases are highlighted in the construction of meaning: action, awareness, institutionalization and the change in the system of signifiers, or the game of pictures. All phases are conducted by the teacher and their aim is the knowledge the student is expected to acquire.

## Índice de figuras

Figura 1 - Arranjo geral para a representação projetiva central (perspectiva).....	24
Figura 2 - Arranjo para perspectiva - projeção horizontal.....	27
Figura 3 - Diferenças de formas em função da informação de vistas laterais.....	28
Figura 4 - Combinação do arranjo para perspectiva - projeção horizontal e projeção central.....	29
Figura 5 - Gravura de Dürer, máquinas de desenhar, 1525.....	34
Figura 6 - Vista do aparelho construído - perspectógrafo.....	36
Figura 7 - Modelo bi-polar, base para o estudo das relações entre o indivíduo e seu meio.....	43
Figura 8 - Modelo de Situação de Atividade com Instrumento - SAI.....	44
Figura 9 - Situação de atividade instrumentada - SAI, sujeito - instrumentos de desenho - perspectiva.....	49
Figura 10 - Situação de atividade instrumentada - SAI, sujeito - perspectiva - realidade.....	50
Figura 11 - Modelo SAI, situação de estudo - Sujeito/Perspectógrafo/perspectiva.....	51
Figura 12 - Esquema da relação entre a representação e a realidade.....	62
Figura 13 - Os diferentes graus da transposição didática.....	86
Figura 14 - Modelo da Situação de Ensino.....	92
Figura 15 - Relação entre o mestre e o saber intermediada por um instrumento.....	101
Figura 16 - Relação entre o mestre e o aluno intermediada por um instrumento.....	101
Figura 17 - Modelo da Situação de Ensino Instrumentada - SEI.....	102
Figura 18 - Diferentes estratégias para execução de perspectiva de elemento composto.....	117
Figura 19 - Modelo Compety.....	119
Figura 20 - Esquema de disposição entre o aluno e o aparelho no momento de prescrição da primeira ação.....	129
Figura 21 - Foto do perspectógrafo - arranjo para a ação em perspectiva.....	130
Figura 22 - Desenho produzido sobre o aparelho.....	131
Figura 23 - Foto do perspectógrafo - arranjo para a segunda antecipação.....	132
Figura 24 - Esquema de construção do desenho da segunda caixa.....	133
Figura 25 - Três possibilidades de direção para representação da profundidade da caixa.....	134
Figura 26 - Diferentes momentos em uma fase de preparação do desenho.....	144
Figura 27 - O tempo, em segundos, para desenhar cada uma das 9 linhas da caixa.....	146
Figura 28 - Ordem do desenho com relação às superfícies, perspectiva com apenas um ponto de fuga.....	147
Figura 29 - Ordem do desenho com relação às superfícies, perspectiva com dois pontos de fuga.....	148
Figure 30 - Outra ordem com a finalização de uma superfície inicial estratégia segundo perspectiva.....	148
Figura 31 - Evolução do tempo, em segundos, com relação ao desenho das linhas.....	151
Figura 32 - Diferentes momentos em uma fase de preparação do desenho da linha 2, levando	

em consideração a posição de observação utilizada no desenho da linha 1.....	152
Figura 33 - Número de ocorrências - ordem de desenho e superfície escolhida.....	154
Figura 34 - Ordem do desenho e tempo para desenhar relativos a ação de Alayse.....	157
Figura 35 - Ordem do desenho de Vanessa.....	159
Figura 36 - O modelo SEI e os níveis do saber.....	162
Figura 37 - O modelo SEI e o conflito .....	162
Figura 38 - Aspectos observados na análise do resultado da segunda antecipação.....	164
Figura 39 - Relação entre os comportamentos das linhas da segunda caixa.....	165
Figura 40 - Comportamento das linhas inclinadas na 1 <sup>ª</sup> e 2 <sup>ª</sup> antecipação.....	166
Figura 41 - Relação entre o comportamento das linhas, entre si, na 1 <sup>ª</sup> e 2 <sup>ª</sup> antecipação.....	166
Figura 42 - Comportamento das linhas nas duas antecipações.....	168
Figura 43 - Número de ocorrências, em termos de comportamento relativo das linhas, a partir da opção pelas linhas paralelas na primeira antecipação.....	169
Figura 44 - Número de ocorrências, em termos de comportamento relativo das linhas, a partir da opção pelas linhas convergentes na primeira antecipação.....	169
Figura 45 - O modelo SEI e a 2 <sup>a</sup> antecipação.....	170
Figura 46 - Curvas de evolução entre a 1 <sup>a</sup> e a 2 <sup>a</sup> antecipação.....	171
Figura 47 - Modelização da atividade com o perspectógrafo.....	175
Figura 48 - Possibilidades de formulação de diferentes níveis de conceitos.....	176
Figura 49 - Hipótese evolutiva dos instrumento no modelo Compety .....	178
Figura 50 - Perspectiva da primeira ficha.....	183
Figura 51 - Perspectiva da segunda ficha.....	183
Figura 52 - Perspectiva da terceira ficha.....	183
Figura 53a - Perspectiva de uma caixa deitada com o lado menor paralelo ao quadro.....	185
Figura 53b - Perspectiva de uma caixa deitada com o lado maior paralelo ao quadro.....	185
Figura 54 - O quadro apresenta uma combinação entre as possibilidades de observação de uma caixa deitada segundo as variações de posição em um eixo horizontal e vertical....	186
Figura 55 - Perspectiva de uma caixa com o observador situado « de frente » a uma superfície lateral da mesma.....	191
Figura 56 - Modelo SEI e o primeiro momento - Prescrição da tarefa.....	195
Figura 57 - Modelo SEI e o segundo momento - o sujeito regula o aparelho.....	196
Figura 58 - Quadro comparativo entre as linhas do espaço real e da perspectiva.....	210
Figura 59 - Quadro comparativo entre as linhas do espaço real e da perspectiva.....	211
Figura 60 - Quadro comparativo entre as linhas do espaço real e da perspectiva.....	212
Figura 61 - Quadro comparativo entre as linhas do espaço real e da perspectiva.....	213
Figura 62 - Primeiro passo da dedução.....	215
Figura 63 - Segundo passo da dedução.....	216
Figura 64 - Terceiro passo da dedução.....	216
Figura 65 - Quarto passo da dedução.....	218
Figura 66 - Produção final.....	218

Figura 67 - Planta esquemática.....	223
Figura 68 - Modelo SEI e a defasagem na definição do objeto.....	224
Figura 69 - Modelo SEI e a defasagem na escolha do significante.....	226
Figura 70 - Modelo SEI e as previsões do aluno.....	229
Figura 71 - Modelo SEI e a ação do aluno.....	230
Figura 72 - Relações entre o sistema de significantes e o significado em diferentes instrumentos.....	234

# Sumário

## Capítulo 1

### As dimensões do estudo

1.1 - Problemática geral.....	17
1.2 - Objetivos Gerais.....	19
1.3 - A situação de estudo.....	20
1.3.1 - Geometria descritiva.....	22
1.3.2 - Perspectiva.....	23
1.3.3- Paradoxo e conflito.....	24
1.4 - Dificuldades de aprendizado em perspectiva.....	26
1.4.1 - Os conceitos conhecidos e o campo conceitual.....	29
1.5 - As ações em perspectiva.....	31
1.5.1 - Como agir em perspectiva.....	32
1.5.2 - O aparelho construído e seus objetivos.....	34
1.6 - As hipóteses de trabalho.....	36
1.7 - Objetivos específicos.....	38
1.8 - Encaminhamento metodológico.....	38

## Capítulo 2

### Principais conceitos dos modelos existentes

2.1 - Introdução.....	41
2.2 - A ótica do instrumento.....	42
2.2.1 - O construtivismo e o método instrumental.....	42
2.2.2 - Do artefato ao instrumento.....	45
2.2.3 - Uma análise do perspectógrafo enquanto instrumento.....	46
2.2.3.1 - Definição da componente tecnológica.....	46
2.2.3.2 - As funções do aparelho.....	47

2.2.3.3 - A atividade com o perspectógrafo no modelo SAI.....	49
2.2.3.4 - A ação com o perspectógrafo.....	51
2.2.3.5 - Definição da componente esquemática.....	54
2.2.3.6 - Perspectógrafo, instrumentação ou instrumentalização.....	59
2.3 - A ótica do conhecimento.....	60
2.3.1 - Formas de conhecimento e a representação.....	60
2.3.1.1 - Noções de representação e de sua estrutura.....	61
2.3.1.2 - Os tipos e níveis de representação.....	63
2.3.1.3 - A representação e a aprendizagem.....	65
2.3.1.4 - A noção de esquema.....	67
2.3.2 - Conteúdo do conhecimento.....	69
2.3.2.1 - O conceito e sua estrutura.....	70
2.3.2.2 - A construção e a transformação de conceitos.....	72
2.3.2.3 - A formação de conceitos no espaço projetivo.....	74
2.3.2.4 - O conhecimento procedural.....	77
2.3.3 - A aquisição de conhecimento.....	78
2.3.3.1 - As formas de aprendizagem.....	78
2.3.3.2 - Aquisição de conhecimentos em perspectiva.....	80
2.4 - A ótica da didática.....	82
2.4.1 - A transposição didática e a transformação do saber.....	83
2.4.1.1 - As diferentes relações com o saber e as diversas lógicas.....	86
2.4.1.2 - Lógica da pesquisa.....	87
2.4.1.3 - Lógica dos conceitos.....	87
2.4.1.4 - Lógica da ação.....	88
2.4.1.5 - Lógica pedagógica.....	88
2.4.2 - A engenharia didática.....	89
2.4.3 - O modelo das situações de ensino.....	92
2.4.3.1 - A relação entre o mestre e o saber - uma relação de pesquisa?.....	94
2.4.3.2 - A relação entre o mestre e o aluno - o contrato didático.....	95
2.4.3.3 - A relação entre o aluno e o saber – assimetria ou baixo nível de representação.....	97
2.4.4 - A hierarquização do saber no modelo das situações de ensino.....	98
2.5 - Conclusão.....	99

## Capítulo 3

## **Proposta de um modelo de Situação de Ensino Instrumentada - SEI**

3.1 - Incorporação do instrumento em um modelo didático.....	100
3.2 - As relações do perspectógrafo com os pólos do modelo.....	103
3.2.1 - Instrumento e saber.....	104
3.2.2 - Instrumento e mestre.....	105
3.2.2 - Instrumento e aluno.....	106
3.3 - As mediações do perspectógrafo.....	108
3.3.1 - Mestre e saber, mediado pelo instrumento.....	108
3.3.2 - Mestre e aluno, mediado pelo instrumento.....	109
3.3.3 - Aluno e saber, mediado pelo instrumento.....	110
3.4 - Os estatutos do instrumento em diferentes dinâmicas.....	111
3.4.1 - Um meio de ação em perspectiva.....	112
3.4.2 - A transformação de competência.....	114
3.4.3 - A gestão do processo de ensino.....	123
3.5 - A perspectiva como instrumento, a transformação da ferramenta.....	124

## **Capítulo 4**

### **A aplicação do modelo de Situações de Ensino Instrumentado - SEI**

4.1 - Os experimentos, análise de situação e de competência.....	127
4.2 - O instrumento e a produção de representações gráficas.....	128
4.2.1 - Análise dos dados obtidos nas três ações da primeira experimentação..	133
4.2.2 - A antecipação e as representações existentes.....	134
4.2.2.1 - análise dos resultados.....	135
4.2.2.2 - a primeira antecipação e a dinâmica do modelo SEI.....	139
4.2.3 - O desenho sobre o aparelho, os atos de perspectiva.....	142
4.2.3.1 - o tempo para desenhar.....	143
4.2.3.2 - a ordem do desenho.....	145
4.2.3.3 - a verbalização.....	149
4.2.3.4 - análise dos resultados.....	150
4.2.3.4.1 – as condicionantes ligadas ao aparelho.....	150

4.2.3.4.2 - condicionantes ligadas ao objeto da representação gráfica.....	154
4.2.3.4.3 - condicionantes ligadas ao sujeito e à sua relação com o saber.....	158
4.2.3.4.4 - a ação com o instrumento e a dinâmica do modelo SEI.....	160
4.2.4 - A segunda antecipação ou a transformação das representações.....	163
4.2.4.1 - análise dos resultado .....	166
4.2.4.2 - a segunda antecipação e a dinâmica do modelo SEI.....	170
4.2.5 - Conclusões da primeira experimentação e a evolução das estruturas.....	174
4.2.5.1 - O eixo dos conceitos e representações.....	174
4.2.5.2 - O eixo dos artefatos e ferramentas.....	177
4.2.5.3 - O eixo dos elementos guias para a atividade.....	179
4.3 - O instrumento e a gestão de parâmetros.....	181
4.3.1 - Análise dos dados da segunda experimentação.....	186
4.3.1.1 - as posições gerais de observação.....	187
4.3.1.2 - as posições particulares de observação.....	190
4.3.1.3 - os bloqueios.....	193
4.3.1.4 - A ação sobre os parâmetros e a dinâmica do modelo SEI.....	195
4.3.2 - Conclusões da segunda experimentação e a evolução das estruturas.....	199
4.3.2.1 - O eixo dos conceitos e representações.....	200
4.3.2.2 - O eixo dos artefatos e ferramentas.....	203
4.3.2.3 - O eixo dos elementos guias para a atividade.....	205
4.4 - O instrumento e a gestão do ensino.....	207
4.5 - Análise dos aspectos observáveis.....	208
4.5.1 - As noções abordadas.....	208
4.5.1.1 – Posição das linhas e situação.....	209
4.5.1.2 -Posições das linhas e a relação com o aparelho.....	211
4.5.1.3 - Convergência e ponto de fuga.....	213
4.5.2 - O desenho de referência e o ponto de fuga.....	215
4.5.3 - A mudança do ponto de vista.....	219
4.5.4 - A mudança do sistema de significantes.....	221
4.6 - A dinâmica do modelo SEI e a gestão do ensino.....	223
4.6.1 - As defasagens identificadas.....	224
4.6.2 - O instrumento e a representação do sujeito.....	228



4.7 - O instrumento material e o instrumento gráfico.....	231
4.8 - Conclusões da terceira experimentação e a evolução das estruturas.....	236
4.8.1 - O mestre e as estruturas da competência.....	237

## **Capítulo 5**

### **Discussões e conclusão**

5.1 - A construção do instrumento.....	242
5.2 - O instrumento como mediador.....	245
5.3 - As lógicas do instrumento.....	248
5.4 - O papel do instrumento na engenharia didática.....	253
5.5 - O mestre como condutor do processo.....	257
5.6 - Um olhar sobre a competência.....	260

<b>Bibliografia.....</b>	<b>264</b>
--------------------------	------------

### **Anexo I - Dados sobre os desenhos da primeira antecipação**

### **Anexo II - Decriptagem do curso de perspectiva**

# Capítulo I

## As dimensões do estudo

### 1.1 - Problemática geral

Este trabalho se dedica ao estudo do processo de construção de conhecimento, principalmente no que se refere à dinâmica do ensino e aprendizagem. Os processos de aprendizagem podem ser descritos segundo duas formas principais. A primeira é através de tutores quando um sistema, um texto ou uma pessoa, adquire o papel de detentor do conhecimento e sua tarefa é transmiti-lo. O ensino de uma forma geral é voltado para a conduta tutorial. Uma segunda forma de aprendizagem é pela ação. O indivíduo que está construindo seu conhecimento executa uma ação e, na leitura dos efeitos de seus atos sobre o objeto, ele constrói seu conhecimento. Nesta opção, deve-se considerar que a ação em si não produz conhecimento, mas ele pode ser obtido pela leitura da resposta aos atos propostos, esta leitura representa o *feed-back*. As aquisições, através da aprendizagem pela ação, são o resultado de uma construção interna do indivíduo e não passam pela apreensão, ou não, do conhecimento apresentado por um tutor. Ainda que exista a possibilidade de construções falsas, devido a uma má interpretação do *feed-back*, os conhecimentos construídos pela ação são próprios do indivíduo, enquanto que a transmissão deliberada de conhecimentos está sujeita a inúmeros ruídos, inerentes a um sistema de troca de informações.

Quando se faz referência à ação, consideramos a relação de um indivíduo e o objeto de sua ação. Esta relação pode ser direta mas também pode ser intermediada. O indivíduo pode executar sua ação diretamente sobre o objeto ou pode fazê-lo através de um instrumento que intermedia a relação. A importância do *feed-back* está ligada à leitura dos efeitos da ação, seja ela sobre o instrumento ou sobre o objeto final da ação. Neste movimento de ação e reação o sujeito modela seu próprio conhecimento. O estudo desta dinâmica e sua influência no processo de ensino e aprendizagem

oferece uma via alternativa ao ensino tutorial devido ao potencial que ela oferece em termos de efeito sobre o conhecimento do sujeito. No entanto, um esforço suplementar é requerido, na elaboração de ações e de instrumentos, que permitam ao sujeito a leitura dos efeitos e a modelagem de seu conhecimento e, neste sentido, estabelecemos a nossa linha de pesquisa.

A competência é um dos fatores para o desempenho do sujeito na execução de uma tarefa. A simples detenção de um conhecimento não é suficiente para a resolução de problemas. O indivíduo necessita de uma competência que permita a seleção dos conhecimentos, que devem ser colocados em ação na busca de uma solução. Para Leplat/91, a competência faz parte das condições internas da aprendizagem e representa uma característica do sujeito, que condiciona a aquisição. Colocado desta forma, pode-se perceber que o desenvolvimento de competência é um dos fatores básicos para a aquisição do conhecimento.

No que se refere ao ensino/aprendizagem de técnicas de representação geométrica, domínio do conhecimento escolhido para esta pesquisa, inúmeras dificuldades são identificadas,<sup>1</sup> principalmente no que se refere à coordenação de pontos de vista exigidos para o trabalho em projeções. O uso da forma tutorial de ensino, aplicado ao domínio das representações gráficas, sofre os efeitos dos distúrbios de comunicação<sup>2</sup>. As construções dos conceitos de base, para o aprendizado da projetividade, devem ter passado por todas as fase de sua gênese, antes que se possa partir para os processos de abstração, que determinam a continuidade da construção do conhecimento.

A construção da representação mental do sujeito com relação ao espaço projetivo é um dos requisitos para que se possibilite o aprendizado de técnicas de representação gráfica. As operações geométricas são todas abstratas, uma vez que seus conceitos básicos - ponto, reta e plano - também o são. A compreensão das operações básicas é fundamental para que se possa ler ou mesmo escrever, segundo suas regras operatórias. No ambiente tutorial de ensino as formulações básicas são apresentadas, enquanto conceitos transmitidos intencionalmente, seu aprendizado ocorre pela assimilação, com ajuda de processos como a memorização e repetição. A

---

<sup>1</sup> Zougarri, Weill-Fassina e Vermersch (1984), Rabardel (1980), Higele (1984) entre outros.

<sup>2</sup> As palavras utilizadas para transmitir as noções a serem ensinadas, podem sofrer diversas interpretações, segundo o tipo de representação que o sujeito fez de seu significado. As representações geradas, não sendo de mesma natureza entre o tutor e o sujeito, podem provocar uma dessincronização de difícil identificação e que pode perturbar inteiramente o processo.

investigação de invariantes e o aprendizado pela experimentação não representa a principal ação adotada para a condução deste processo de aprendizagem. Exige-se do aluno que ele imagine um ponto, uma reta ou um plano e as ações são realizadas sobre a representação construída destes elementos. Para a apresentação dos conceitos básicos o recurso imaginativo pode ser suficiente. Porém, o conjunto de operações e procedimentos vão adquirindo uma complexidade, que já não é fácil de ser imaginada, principalmente se não se pode ter certeza de que a representação mental do aluno levou-o a uma correta construção do conceito proposto.

A proposta de investigação de estratégias de ensino, que se baseiam sobre a aprendizagem pela ação, pode oferecer uma alternativa para a construção de conceitos básicos partindo de uma representação real, oferecida por instrumentos materiais. Assim, este estudo propõe a analisar a dinâmica de um processo de ensino/aprendizagem, partindo de ações a serem executadas sobre instrumentos que intermediem a relação entre o sujeito e o objeto de sua ação, neste caso, o espaço projetivo.

## **1. 2 - Objetivos Gerais**

Considerando a opção de investigação das possibilidades de um ensino baseado na ação e segundo a problemática geral que foi apresentada, os objetivos gerais deste trabalho podem ser assim formulados:

- estabelecer o papel dos instrumentos, utilizados em situações de ensino, como uma opção para a condução do processo de construção de conhecimentos;
- avaliar os efeitos do uso dos instrumentos no ensino, como uma contribuição para o desenvolvimento de competência, para a resolução de problemas.

## **1.3 - A situação de estudo**

O desenho é uma forma de expressão utilizada para representar o espaço. Ele é um tipo de linguagem chamada não natural, que faz uso de símbolos para representar objetos da realidade. Seu poder de comunicação é dificilmente superado pela linguagem falada ou escrita. Devido ao seu potencial de representação espacial o desenho tem ampla aplicação, sendo fundamental em diversas atividades humanas.

A percepção do espaço real tem início na identificação de formas, que o integram através de sentidos como a visão e o tato. Neste processo de identificação tem início a leitura do desenho. Assim o desenho, mesmo sendo uma linguagem não natural, é aprendido, se não antes, mas pelo menos paralelamente à compreensão da linguagem da fala. É preciso diferenciar, desde o início da formulação do problema da leitura e da escrita do desenho. A leitura de formas básicas tem início bem antes do desenvolvimento de uma capacidade de expressão e é, a partir da capacidade de ler, que se pode iniciar um programa de ensino da escrita.

A leitura do desenho representa uma analogia com a leitura dos textos, nestes casos, trata-se da decodificação do desenho para compreender o que ele representa. A escrita, por outro lado, é o foco das estratégias pedagógicas tradicionais, sem se preocupar com a orientação sobre a leitura. Segundo Weill-Fassina,<sup>3</sup> alega-se que "o indivíduo que desenha deva ser capaz de ler" e "quem conhece o funcionamento de um aparelho sabe ler o seu esquema". No entanto identifica-se inúmeros casos em que o indivíduo apresenta dificuldades de leitura. A explicação clássica é a dificuldade de visualização espacial. No entanto ela não é suficiente para ser operacional. Mesmo porque, a definição de uma correlação entre o sucesso no desenho técnico e o sucesso nos testes de visualização espacial, ainda não foram estabelecidas.

Dentro da área de desenho, diversas são as formas de expressão. Elas variam segundo a forma como se relacionam o objeto representado e o ponto de vista do qual ele é observado. Pode-se mesmo estabelecer uma relação entre os diversos tipos de geometria e os espaços (topológico, euclidiano e projetivo) repertoriados por Piaget. No início da construção do espaço, pela percepção, a criança considera os objetos em si mesmos, são observadas relações elementares (como vizinhança, separação, ordem, envolvimento e o contínuo). Estas noções, que os geômetras chamam de topológicas, são elementares do ponto de vista de reconstrução teórica do espaço.

---

<sup>3</sup> Weill-Fassina, A. (1973). La Lecture du Dessin Industriel: Perspectives d'Étude. In: Le travail humain, tome 36, n. 1, Paris, p. 121 a 140.

Nas relações topológicas são identificados os conceitos básicos da forma em termos de lógica matemática. Segundo Fernando Becker<sup>4</sup>:

*“durante um período significativo da psicogênese, desenvolve-se, por força da atividade perspectiva do sujeito epistêmico, uma geometria topológica que funciona como ponte entre a bagagem hereditária e o conhecimento lógico matemático.”*

As relações topológicas são as primeiras a surgirem no desenvolvimento da percepção do espaço. A partir delas, as primeiras indicações de leitura de desenhos da realidade visual.

O passo seguinte é a identificação, nas formas, de relações métricas gerais. Os objetos não são mais considerados em si mesmos, mas segundo um sistema de coordenadas de referência. As formas passam a fazer parte de um contexto espacial, com uma organização que utiliza eixos referenciais, que representam objetos espaciais distintos. A compreensão do espaço euclidiano é construída assim como a geometria plana e já tem início na fase pré-escolar, quando se identifica as características geométricas que distinguem as diversas formas básicas. A evolução da construção do espaço euclidiano é feita ao longo dos anos de ensino fundamental, assim como o aprendizado da geometria euclidiana. Nesta fase não se percebe evidências de dificuldades na compreensão das formas e suas regras geométricas.

Na geometria euclidiana as formas são representadas como elas são, e aquilo que se percebe em um desenho corresponde à representação da forma real, enquanto definições geométricas. Uma forma circular real é representada como um círculo, uma forma quadrangular por um quadrado inserido no sistema de coordenadas que é característico do espaço euclidiano.

As relações projetivas também supõem uma relação entre objetos espaciais distintos,<sup>5</sup> usando como referência não mais o sistema de eixos coordenados mas um conjunto de planos de projeção. A nova componente, introduzida no espaço projetivo, é que as formas passam a ser consideradas em relação a um "ponto de vista" segundo o qual a forma é percebida. As formas (sejam planas ou espaciais), não são mais representadas em si mesmas, mas segundo sua projeção sobre um plano. Neste caso a forma da projeção pode sofrer modificações em relação ao objeto que esta sendo

---

<sup>4</sup> Becker, F. (1986). Citado por Mizukami, M. G. N., Ensino: as abordagens do processo. Editora pedagógica universitária, São Paulo.

<sup>5</sup> Piaget, J. e Inhelder, B. (1948) *La Représentation de L'espace Chez L'enfant*, PUF, Paris.

representado. A construção do espaço projetivo no indivíduo ocorre de forma paralela à do espaço euclidiano. O mesmo fato não se reproduz no campo do aprendizado da geometria projetiva. O ensino deste tipo de geometria ocorre nos últimos anos do ensino básico ou no início do ensino universitário, e pressupõe um correto aprendizado da geometria euclidiana.

Considerando a geometria projetiva como uma relação entre o objeto, plano de referência e ponto de vista, diversos arranjos são possíveis e determinam diferentes tipos de projeção assim como uma relação facilitada, ou não, com a leitura ou a escrita. O ponto de vista pode ocupar duas posições gerais. Ou ele é real e determina um feixe de linhas de projeção convergente (projeção cônica), ou ele é virtual (situado no infinito) e determina um feixe de linhas de projeção paralela (projeção cilíndrica).

### **1.3.1 Geometria descritiva**

A geometria descritiva considera o ponto de vista impróprio (no infinito) e os raios projetivos em posição ortogonal ao plano de projeção (projeção cilíndrica ortogonal). Para a definição de uma forma neste sistema são necessárias, pelo menos, duas projeções em planos perpendiculares entre si. Em alguns casos a utilização de uma terceira projeção, perpendicular às outras duas, permite completar as informações necessárias para definir as características da forma que lhe deu origem. Desta maneira a figura de origem não faz parte da representação mas apenas as projeções que a mesma apresenta nos planos de referência. O formato da projeção pode apresentar deformações em relação à figura de origem, provocadas pelo tipo de arranjo entre figura e plano de projeção, de forma que uma reta pode se reduzir a um ponto, e um plano se projetar através de uma reta.

A linguagem da geometria descritiva é amplamente utilizada para a definição de elementos geométricos devido à sua capacidade de manter, dependendo do tipo de arranjo, às projeções, ângulos e distâncias semelhantes a forma de origem. A expressão de objetos, através de suas projeções ortogonais, é de fácil execução pois o paralelismo das linhas projetantes permite a utilização direta de medidas e ângulos e a dedução das deformações pelo método geométrico.

Para a definição de um volume são representadas três projeções ortogonais e não se utiliza nenhum tipo de representação da figura original. Para se ler o desenho projetivo

---

ortogonal e poder compreender a configuração geral da forma é preciso inferi-la através de coordenação de informações que constam das três projeções. Ou seja, a leitura não é direta e requer um raciocínio coordenado das relações projetivas. Sendo de simples escrita esta técnica de representação requer no entanto um esforço na leitura devido à necessidade de adoção de mais de um ponto de vista simultâneo.

### 1.3.2 Perspectiva

A perspectiva considera o ponto de vista próprio (real) que gera o feixe de projeções cônicas. Nela o plano de projeção se posiciona, em princípio, entre o objeto e o ponto de vista. A figura 1 representa o arranjo (ponto de vista, objeto, plano de referência) geral, adotado para a execução de desenhos perspectivos. Na perspectiva, a representação gráfica é definida a partir da adoção de um único ponto de vista, e assim a representação projetiva pode apresentar as características gerais da forma sem a necessidade de coordenação de duas ou mais projeções (que representariam outros pontos de vista).

O tipo de arranjo adotado reproduz as características geométricas do processo visual. Assim a projeção com um ponto de vista único permite identificação da configuração da forma, da mesma maneira que a fotografia. No entanto, ambos os processos - perspectiva ou fotografia - fazem com que as formas sejam submetidas a deformações com relação às características geométricas próprias do objeto real.

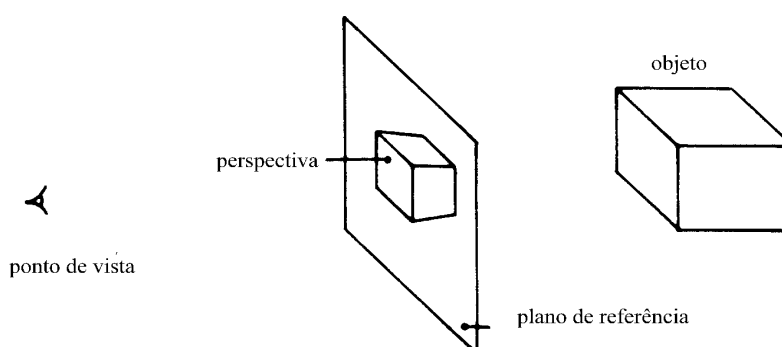


Figura 1 - Arranjo geral para a representação projetiva central (perspectiva)

Devido a utilização do ponto de vista próprio (projeção cônica central), a rotina de execução de uma projeção perspectiva é bem mais complexa que aquela adotada na geometria descritiva. Isto porque algumas das linhas paralelas da figura original



passam a ser convergentes na perspectiva. Não é mais possível a leitura de medidas e ângulos pois eles se apresentam deformados. No entanto, a leitura não requer o esforço de coordenação para a sua compreensão, pois a projeção perspectiva representa a figura em sua forma perspectiva e não privilegia seus atributos geométricos.

### 1.3.3 Paradoxo e conflito

O paradoxo que se apresenta entre os dois sistemas de representação projetiva se refere ao aspecto leitura e escrita. A perspectiva, que representa a vista única e reproduz o sistema perceptivo humano, é de fácil leitura (apoiado na reprodução do mecanismo da percepção visual). No entanto, a escrita de uma perspectiva é envolta em regras geométricas complexas. A sua montagem requer dados que tem sua origem na planta, que representa a situação de observação em projeção ortogonal. Para que se execute o desenho perspectivo, as informações sobre o objeto são obtidas pela coordenação dos dados de duas ou mais projeções.

Por outro lado, a definição de uma forma através de projeções ortogonais é de execução simples, pois o paralelismo de arestas é mantido e algumas grandezas permanecem. A execução das três projeções definem de forma rápida suas dimensões e seu formato. No entanto apesar de uma escrita facilitada, a leitura destas projeções requer um esforço de coordenação de informações de diversas vistas, para a compreensão e reconstrução da configuração geral da forma<sup>6</sup>. Frequentemente encontra-se o argumento de "falta de visualização", e mesmo os alunos alegam uma dificuldade de ver aquilo que está acontecendo. A dificuldade existe e inúmeras são as pesquisas que a identificaram, mas não se está certo da sua origem. O fato de que a leitura da perspectiva é bastante facilitada, é um indicativo de que se pode fazer a leitura sem que se domine a escrita. Apesar de que os mecanismos intelectuais empregados para ler e escrever possam ser bem diferentes pode-se sugerir que a dificuldade de ver envolve mais a estratégia de leitura do que o simples ato de ver<sup>7</sup>. As projeções ortogonais são a forma de expressão mais adequada para instruir a fabricação de objetos, mas sua leitura pelos indivíduos que irão executar o objeto poderia ser complementada pela perspectiva.

---

<sup>6</sup> Weill-Fassina, A. (1973) La Lecture du Dessin Industriel: Perspectives d'Étude. Opus cit

<sup>7</sup> Ibidem

Aumentando a interdependência entre as duas formas de projeção, a perspectiva permite uma leitura mais rápida, pois ela deforma algumas características geométricas do objeto, da mesma maneira que o processo visual quando projeta a imagem deste sobre a retina humana. No entanto, a deformação é compreendida como a única maneira de representar corretamente. Isso considerando como critério de « correto » a própria percepção humana. Aqui então nasce o conflito forma-percebida X forma-conhecida. A forma conhecida privilegia às características geométricas do objeto e a forma percebida privilegia o comportamento desta forma quando submetida à perspectiva. O indivíduo sabe que o cubo possui todas as faces iguais e todos os ângulos retos, mas ele aceita uma perspectiva que representa um cubo, onde quatro de seus lados são representados por figuras losangulares.

O paradoxo existente se encontra entre a leitura facilitada do desenho em perspectiva e a dificuldade de sua expressão escrita. Os livros dedicados ao ensino da perspectiva sugerem títulos que se referem à necessidade do conhecimento de geometria ou de matemática para o aprendizado da perspectiva. É o caso do livro *A perspectiva sem matemática e sem termos técnicos*,<sup>8</sup> onde podemos verificar como o argumento das dificuldades impostas pela geometria e pela matemática, na expressão escrita da perspectiva, foram utilizadas como um aspecto de atração. No conteúdo desta obra encontramos inúmeras estratégias, para evitar as regras e condutas da perspectiva geométrica de precisão. De fato é uma proposta através da qual se pode obter uma perspectiva, mas não a compreensão das transformações gráficas. Este livro, assim como vários outros, propõe um conjunto de « receitas », que faz com que o indivíduo obtenha uma boa representação, mesmo que ela não contemple nem a precisão nem as razões de sua construção.

De fato é possível fazer uma distinção entre a boa representação e a representação precisa. Pode-se classificar um desenho como eficaz, utilizando como único critério o simples olhar. A biblioteca de informações gráficas, que se encontra estocada na memória do indivíduo, permite uma análise comparativa de maneira a dizer se uma representação gráfica é, ou não, eficaz. Porém, a precisão não é um requisito para esta avaliação intuitiva. Utilizando a geometria pode-se avaliar um desenho sob a ótica da precisão. As obras do tipo « receitas » propõem uma avaliação intuitiva da representação gráfica, sem contemplar a precisão e muito menos a compreensão, que faz um aprendizado se tornar efetivo e pleno.

---

<sup>8</sup> Marty, A. E. (1961) *La perspective sans mathématiques et sans termes techniques*, Henri Laurens Editeur, Paris.

## 1.4 - Dificuldades de aprendizado em perspectiva

A separação do conteúdo de perspectiva, daquele da geometria descritiva, é um formalismo que pode ser encontrado em alguns cursos superiores, onde a representação gráfica é um dos meios de expressão. A rigor a geometria projetiva engloba ambas as "disciplinas" e o raciocínio exigido é o mesmo. A perspectiva é uma especialização que por vezes é relegada e em alguns casos é valorizada. Alguns currículos de Engenharia se atêm apenas ao estudo da projeção cilíndrica ortogonal, já os currículos de Artes Plásticas desejam o conhecimento da perspectiva, sem ter passado pelo aprendizado da geometria descritiva. Este último caso é mais conflitual pois, sendo a perspectiva uma especialização da geometria, como vencer as dificuldades do método sem a base projetiva necessária? Observa-se porém que as dificuldades estão presentes mesmo nos casos onde o conhecimento da estrutura projetiva ortogonal já foi construído.

1. Ao se dar início ao desenho em perspectiva de um objeto ( Figura 2 ), o arranjo observador, quadro, objeto observado é representado pela sua projeção horizontal (planta baixa, na linguagem dos arquitetos, vista superior, na linguagem do desenho mecânico). O arranjo é representado com o objetivo de determinação dos pontos de fuga das linhas do objeto e o ponto de interseção das linhas de visada com o quadro. O quadro, que pode ser sempre considerado como plano vertical, é representado em planta baixa por uma reta, projeção de redução máxima de um plano.

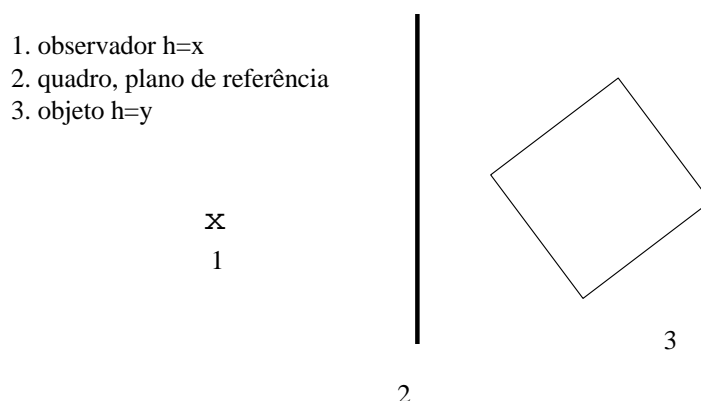


Figura 2 - Arranjo para perspectiva - projeção horizontal

O observador se reduz a um ponto e sua altura não pode ser representada graficamente (numa projeção horizontal), sendo feita numericamente. O objeto é

representado segundo sua forma em projeção. Para o aluno a compreensão deste arranjo não é tão complexa como a compreensão de sua representação projetiva. A primeira dificuldade encontrada é fazer com que o arranjo da Figura 2, seja compreendido como uma forma de representação dos elementos da Figura 1. Os reducionismos, característicos da projeção cilíndrica ortogonal, representam a primeira das barreiras, considerada como uma dificuldade básica, possivelmente envolvendo a leitura das projeções. Ao se referir à perspectiva como uma especialização, consideramos que é preciso que a base conceitual, sobre a qual ela se desenvolve, ou seja as técnicas de projeção, já tenha sido incorporada pelo aprendiz.

2. A definição do objeto, em se tratando de volume tridimensional, deve ser feita através de no mínimo duas vistas ortogonais. São as vistas laterais que vão definir, ou confirmar, a configuração da forma do objeto. Na Figura 3 são apresentadas algumas das diferentes formas, que uma projeção horizontal de um objeto, como o da Figura 2, pode apresentar em função de informações sobre vistas laterais.

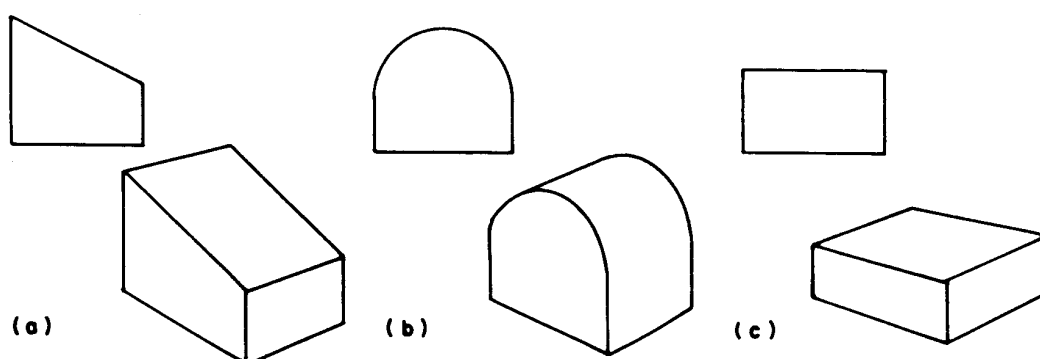


Figura 3 - Diferenças de formas em função da informação de vistas laterais

Tanto (a) como (b) ou (c) apresentam a mesma projeção horizontal. A necessidade de coordenação das informações, contidas em cada uma das vistas projetivas, para que o aluno construa a sua própria representação mental do objeto a ser representado, é uma dificuldade que se mistura àquela do conteúdo básico projetivo.

3. Ao se executar uma perspectiva são necessários os raciocínios projetivo ortogonal e central concomitante. As informações colhidas da projeção horizontal, exemplificada na Figura 2, servirão para localização das perspectivas de pontos e retas no plano de referência. Para facilitar a transferência de informações de um sistema de representação ao outro, ambos são colocados ao mesmo tempo no espaço de

trabalho (projeção central na parte inferior e projeção cilíndrica na parte superior). A Figura 4 apresenta a combinação de projeção horizontal e projeção central. Existem também informações sobre alturas, que não são obtidas diretamente da projeção horizontal do objeto, mas do conjunto de dados iniciais do problema proposto. Os dados sobre as alturas são apropriados através de informações numéricas (quando se refere à altura do observador), ou através de uma projeção lateral (quando se trata de informações sobre o objeto observado).

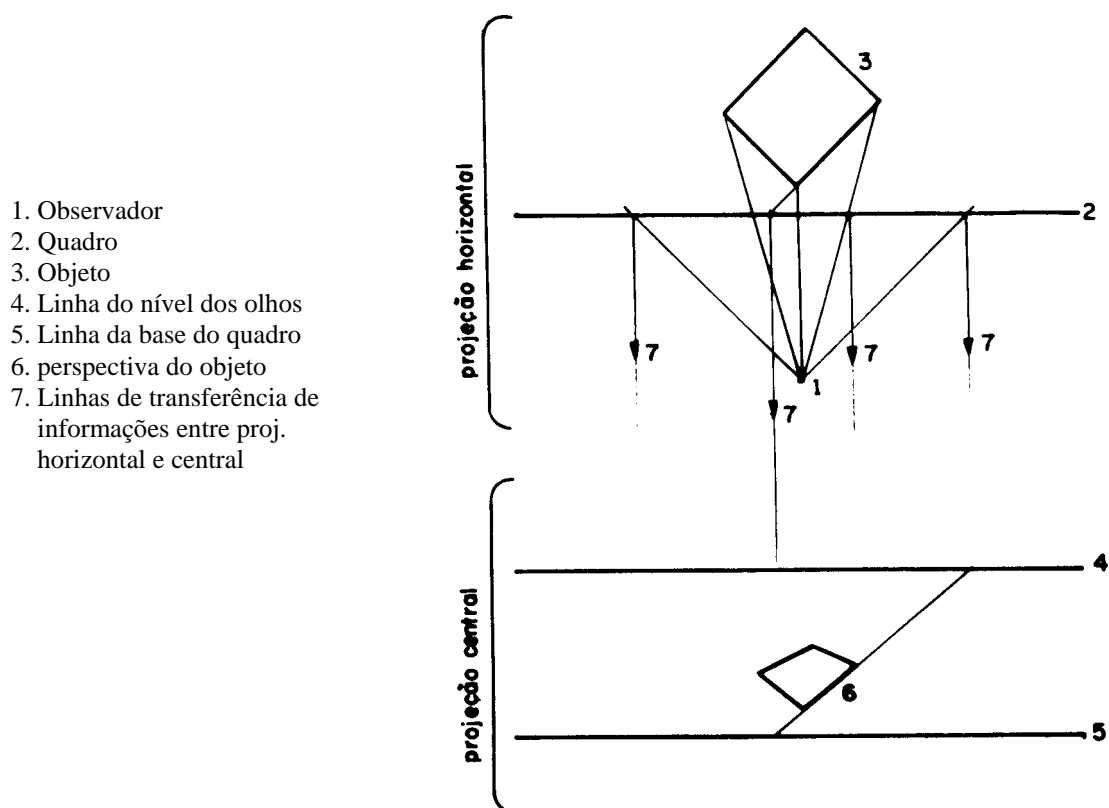


Figura 4 - Combinação do arranjo  
 para perspectiva - projeção horizontal e projeção central

Na Figura 4 são utilizados as linhas de transferência (n. 7), que levam as informações obtidas a partir da projeção horizontal e que orientam a montagem da perspectiva. Fazer com que o raciocínio se transforme entre as duas projeções, com a dinâmica necessária para compreender as peculiaridades de uma e de outra, qual o momento, dentro da estratégia, de colher informações fora do desenho, em que ordem os dados devem ser determinados, é o terceiro, e talvez o mais determinante problema encontrado para a execução de perspectivas.

### 1.4.1 Os conceitos conhecidos e o campo conceitual

Poderíamos perguntar então, qual seria o conteúdo necessário a ser incluído em um programa de ensino, e a partir do qual seria possível dizer que se é capaz de fazer perspectivas. Primeiramente é preciso definir os critérios para avaliar, a nível perceptivo, a eficiência de um desenho, enquanto representação gráfica de um objeto. Encontramos no trabalho de Guillermain<sup>9</sup> um conjunto de critérios, selecionados dentre outros tantos, e que representam os critérios fundamentais para a geração de perspectivas, sendo também utilizados na leitura de desenhos:

- as verticais e as horizontais no plano continuam verticais e horizontais;
- as horizontais em profundidade se tornam oblíquas;
- quanto mais longe menor;
- as paralelas convergem;
- os intervalos se reduzem.

Neste mesmo trabalho podemos encontrar o resultado de uma pesquisa que indica que estes critérios são todos, de maneira isolada, adquiridos até a idade de 14-15 anos. Em função destes critérios um sujeito pode fazer a avaliação de um desenho. Uma vez que os critérios sejam respeitados, deve-se obter uma boa avaliação da representação gráfica. Se analisarmos do ponto de vista da geometria, devemos acrescentar outras precisões, mas de uma maneira geral, estes critérios representam o início da compreensão dos resultados das transformações, às quais são submetidos os objetos em um desenho de perspectiva. Pode-se mesmo afirmar que estes critérios seriam suficientes para a leitura da perspectiva, porém eles não contemplam a escrita de uma perspectiva, se considerarmos sua produção com alguma precisão.

A representação geral de cada indivíduo, sobre a perspectiva, pode ser resumida nestes 5 critérios. Mas em um processo de aprendizagem de sua técnica, faz-se referência a certas transformações geométricas, e é preciso um trabalho de coordenação entre as projeções ortogonais e a projeção central. Podemos considerar estes cinco critérios como precursores do conhecimento a ser adquirido, seguindo a

proposição de Rogalski<sup>10</sup>. Eles se encontram na origem do processo de construção de conhecimentos em perspectiva, e eles irão explicar os efeitos encontrados.

Para definir os conceitos geométricos, que serão importantes no processo de construção do conhecimento em perspectiva, é preciso estudar seu campo conceitual. Um campo conceitual é, segundo Vergnaud<sup>11</sup>, definido inicialmente pelo seu conteúdo, e uma maneira cômoda de definir sua extensão é de fazer referência ao conjunto de situações, que contribuem para lhe dar sentido. As operações projetivas são uma fonte para a definição de um campo conceitual para a perspectiva. O aprendizado de um tipo de perspectiva que comporte um mínimo de precisão, se torna quase impossível sem as noções da representação gráfica do espaço projetivo. Somente com o uso da geometria é possível identificar o quanto será menor o objeto que esta mais longe, ou em que proporção os intervalos se reduzem, ou para que ponto devem convergir as linhas.

## **1. 5 - As ações em perspectiva**

Para iniciar uma pesquisa sobre as opções possíveis, dentro de um aprendizado pela ação, partimos da seleção de algumas estratégias, segundo as quais o ambiente da perspectiva pode ser apresentado aos alunos. Inicialmente, na forma clássica do ensino tutorial, identificamos as transferências intencionais de conceitos projetivos, seja pelo uso de desenhos ou pela formulação de conceitos, unicamente através de seus enunciados. As obras clássicas, que propõem o conteúdo necessário para a execução de perspectiva, seguem este encaminhamento. Os conceitos geométricos são apresentados de forma desconectada de uma situação, em uma segunda parte, os problemas práticos são propostos e sua solução é obtida através dos conceitos que haviam sido apresentados inicialmente. Podemos encontrar também em Blin et alli./85 um outro exemplo. A metodologia proposta tem início na especificação da nomenclatura, ou seja, na definição dos códigos a serem adotados, outra vez desconectada de uma situação. Os conceitos ainda não foram especificados em uma situação, mas a nomenclatura a ser utilizada já foi especificada. Neste tipo de conduta,

---

<sup>9</sup> Guillermain, H. (1987) Approche cognitive de la genèse de la représentation graphique en perspective, in: Le dessin technique, Hermès, Paris.

<sup>10</sup> Rogalski, J. (1987) Acquisition de savoir et de savoir faire en informatique, Cahier de didactique des mathématiques. n. 43 IREM - Université de Paris 7. Paris.

<sup>11</sup> Vergnaud, G. (1990) La théorie des champs conceptuels, in: Recherches en didactique des mathématiques, vol 10/2.3. La pensée sauvage, Grenoble.

as previsões a respeito das deformações são enunciadas, e em um segundo momento estas deformações são experimentadas através do exercício do método perspectivo.

Uma segunda forma de abordagem, considera o trabalho inicial sobre a forma deformada, como propõe Georges e Higele/90, através de uma metodologia, propondo uma análise progressiva dos efeitos de sombra sobre as superfícies experimentadas. Neste estudo os pesquisadores se baseiam nos testes desenvolvidos por Piaget/48, para o estudo da representação do espaço na criança com vistas ao aprendizado da projeção cilíndrica. No caso da perspectiva, pode-se partir do uso de fotografias ou de perspectivas acabadas, sobre as quais se analisa as deformações para, num segundo momento, partir para a execução do método perspectivo.

Entre a primeira opção e a Segunda, a diferença se encontra na ordem entre as fases do processo, que seriam de: identificação das deformações, análise das mesmas, construção de conceitos e execução do método. Na primeira opção, o ensino parte da construção de conceitos, e termina na execução do método. A experimentação segue a construção dos conceitos vindo ajudar na consolidação do processo. Na segunda opção, a construção dos conceitos é feita partindo de uma necessidade de resolver a situação de deformação, que foi identificada através do uso de imagens em perspectiva. A construção do conceito tem início na situação de análise. O conceito vem resolver uma situação, assim sua construção não parte de um desejo deliberado do tutor, mas de uma necessidade de resposta a um problema em situação. Em ambas as opções a condução tutorial se encontra no centro da ação. A opção de George e Higele se revela mais próxima de um processo de engenharia didática, onde uma parte das construções de conhecimento é atribuída aos alunos.

A opção que visamos analisar considera uma alternativa, onde o próprio aluno execute as transformações no objeto. Considerando o aprendizado pela ação, a leitura dos efeitos de seus atos sobre o objeto lhe permitirá obter as informações necessárias, para que ele inicialize seu próprio processo de apropriação de conceitos. A conduta tutorial não será exatamente excluída deste processo, ela encontra ainda seu lugar, mas poderá partir de uma base conceitual mais evoluída.

### **1.5.1 Como agir em perspectiva**



Em uma opção de aprendizado pela ação o aluno deveria agir sobre o espaço projetivo, experimentando os efeitos da transformação dos objetos do mundo real, para o mundo da representação gráfica. Na leitura dos efeitos de sua ação, seja sobre o objeto ou sobre o instrumentos que intermediam esta relação, o sujeito constrói seu conhecimento identificando os invariantes operatórios da ação. Para tanto, faz-se necessário um aparelho que reproduza o ambiente da ação projetiva. Esta não é uma busca nova. De fato, ao pesquisar na história a aplicação desta técnica de representação, identificamos em pintores renascentistas como Giotto e Frangélico, um esboço inicial de representação do espaço pictórico em termos tridimensionais. Em Leonardo da Vinci, encontramos uma pintura que usa a perspectiva como recurso figurativo. E na história dos inventos, de pesquisadores como Leonardo e Albrecht Dürer, encontramos indícios da concepção de um aparelho, onde se pode determinar a perspectiva dos elementos que se desejava representar, sem a necessidade de conhecimentos específicos sobre o método. Alias, no que se refere à perspectiva, ou às projeções cônicas, onde o ponto de observação é real, podemos encontrar este tipo de ação nas experiências feitas por diversos artistas do século XVI.

Através de suas « máquinas de desenhar », <sup>12</sup> os pesquisadores daquele século procuravam reconstruir o ambiente projetivo, de maneira a poder desenhar as perspectivas, para poder estudar os efeitos das deformações que ela impunha à forma original do objeto. Em uma rápida pesquisa sobre as formas que poderiam apresentar estes aparelhos, encontramos uma variedade significativa. A característica comum a todos é a materialização de um ponto de convergência de raios de visada e a utilização de um quadro de referência. Na figura 5 apresentamos uma gravura de Dürer, que representa um de seus aparelhos sendo utilizado por dois desenhistas.

---

<sup>12</sup> Colmar, P. (1990) *La perspective en Jeu, Les dessous de l'image*. Galimard, Paris.



Figura 5 - Gravura de Dürer, máquinas de desenhar, 1525.

Observa-se que, no aparelho representado, a interseção do fio com o quadro era estabelecida por coordenadas, a serem transferidas para o esboço pictórico. Na gravura estaria sendo determinada, ponto a ponto, a perspectiva da curva de um instrumento musical da época. O ponto de observação é escolhido, mas não significa um ponto onde se fixa a visão real, ele é um ponto de convergência dos raios de visada (o que caracteriza a vista única).

O princípio da perspectiva pôde ser desvendado, ou mesmo materializado, com a ajuda deste aparelho. Neste sentido, este e diversos outros aparelhos foram construídos no decorrer do século XVI. O domínio do método perspectivo, independente do uso de máquinas, teve início também naquele século. Pode-se constatar que os elementos geométricos, que integram o método, estão todos presentes nos aparelhos construídos. E por este motivo, foi a partir desta proposição de Dürer, que se partiu para a reconstrução de um aparelho a ser utilizado como instrumento para o aprendizado de perspectiva.

### 1.5.2 O aparelho construído e seus objetivos

Baseando-se na reprodução do sistema visual humano, adaptou-se o aparelho para uma maior interação pessoal com o mesmo. No encaminhamento pedagógico tradicional, costuma-se usar como figura de metáfora, o argumento de que quando se

faz uma perspectiva de um elemento é "como se ele estivesse atrás de uma janela de vidro e o aluno estivesse desenhando no vidro aquilo que está vendo". Com base nesta imagem resolveu-se adotar um plano transparente no lugar do "quadro" (plano de referência), que Dürer adotava para estabelecer as coordenadas da perspectiva do ponto. Assim seria possível executar a perspectiva diretamente sobre o quadro. Desta forma o instrumento faz com que se torne real o conceito abstrato de plano de referência, através de um retângulo de vidro que ocupa uma posição vertical diante do observador.

A forma de definir o observador também sofreu modificações, a partir do aparelho de Dürer, apresentado na figura 5. Lá o observador era um ponto fixo ao qual os fios, que representavam as linhas de visada, eram amarrados. No sentido pedagógico, acredita-se que seja importante que o observador represente uma posição ocupada pelo próprio sujeito, e neste sentido era necessário que a posição do olhar pudesse ser imobilizada, enquanto se realizava o esboço da perspectiva. Para satisfazer esta necessidade foi criado um anel, que servirá de referência, através do qual o objeto a ser representado pode ser observado.

As modificações do arranjo: observador, quadro e objeto, determinam diferentes efeitos na perspectiva. O princípio do aprendizado do método está na compreensão existente, entre o tipo de arranjo e o efeito obtido. Para poder modificar este arranjo com facilidade foram elaborados mecanismos de regulação, principalmente na posição relativa entre observador e o quadro e a sua altura em relação ao objeto observado. Na Figura 6 é apresentado um esboço do aparelho construído com a especificação de suas regulagens e materiais. Devido à sua capacidade de permitir a grafia de perspectivas, sem a necessidade do mínimo conhecimento sobre seu conteúdo metodológico, o aparelho recebeu o nome de perspectógrafo.

1. quadro de vidro;
2. ponto de observação;
3. barra para regular a distância;
4. barra para regular a altura;
5. objeto observado.

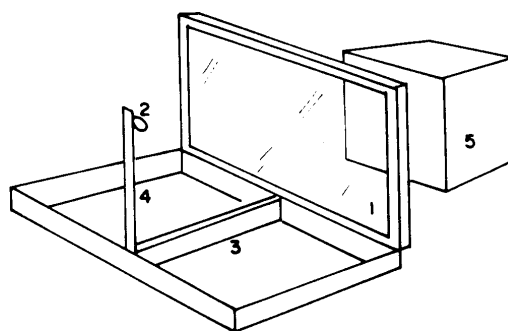


Figura 6 - Vista do aparelho construído - perspectógrafo

## 1.6 - As hipóteses de trabalho

A adoção deste tipo de aparelho tem como objetivo tornar concreto o ambiente abstrato do espaço projetivo, no que se refere à confecção de perspectivas de elementos concretos. Isto é, o trabalho com o aparelho só permite a confecção de representações de elementos acabados, ou seja, através do perspectógrafo não é possível fazer perspectivas antecipadas de projetos que ainda não foram executados. No entanto o objetivo é que seu uso sirva de processo de aprendizagem por observação, experimentação e dedução. A adoção do aparelho não visa eliminar o desenho "em prancheta", nem mesmo aquele executado em um computador, mas contribuir para a construção do conhecimento necessário para o trabalho pela reprodução espacial do mecanismo gráfico. Mesmo porque os esboços feitos no perspectógrafo são de baixa resolução e a estratégia para seu uso com fins pedagógicos começa a ser investigada.

Considerando-se os objetivos deste trabalho, principalmente por envolver uma forma de linguagem não natural (simbólica), pretende-se investigar se a simulação tridimensional do ambiente projetivo pode facilitar o desenvolvimento de habilidades, que levam à construção desejada do conhecimento. O uso do instrumento poderia permitir a construção rápida de representações mentais que contemplam os conceitos básicos do processo perspectivo. A partir das imagens mentais geradas, fruto de uma ação instrumental, se pretende criar condições para atingir o pensamento abstrato,

que apresenta um maior potencial de aprendizagem, pois ele se torna imaginativo<sup>13</sup>. Deve-se porém enfatizar, que o uso de recursos visuais no ensino, deve ser considerado como um meio, e não um fim em si próprio. Ele deve ser utilizado para estimular a abstração, pois só assim se pode propiciar o desenvolvimento e a aprendizagem.

As experiências de Vygotsky/32 indicam que antes de se expressar, mesmo em termos espaciais, antes que se tome consciência da representação do espaço, ele já está em estágio de desenvolvimento. Mesmo porque, a consciência espacial nasce com o desenvolvimento da percepção visual. A hipótese de considerar esta defasagem como uma fonte potencial a ser explorada corresponde à proposta de Vygotsky/32, segundo a qual, o único bom ensino é aquele que se adianta ao desenvolvimento. Considerando que a leitura da perspectiva é facilitada devido à sua correspondência com o sistema visual, pode haver uma melhor compreensão da escrita incentivada pela experimentação espacial do processo.

O processo de aprendizagem tradicional de perspectiva, tem início sobre os conceitos abstratos que envolvem o método. A introdução de um instrumento concreto, como é o caso do perspectógrafo, pode fornecer ao indivíduo informações que irão alimentar um processo de construção de conceitos antes de passar às abstrações, naturais dentro do meio de expressão gráfica. Através da ação com o instrumento, o aluno pode executar ensaios, a partir de posições particulares dos elementos em questão. Ele pode obter rapidamente uma leitura dos resultados destes ensaios, e assim, construir seus próprios invariantes operatórios, que explicam a situação. A vinculação entre a atividade com o instrumento e a construção dos conceitos, tem como base a construção de um significado, a partir da ação e sua expressão, através de significantes ligados ao sistema gráfico geométrico. Assim, os invariantes operatórios que os alunos identificam, na ação com o instrumento, podem ser uma fonte, à disposição do professor, para a condução do processo de construção, junto aos alunos, de conceitos relativos ao método perspectivo. Para tanto iremos considerar também a hipótese de que o instrumento possa adquirir o estatuto de sistema de significantes uma vez que ele significa uma simulação, dinâmica e espacial, do fenômeno da deformação cônica e na ação ele materializa a teoria que se deseja ensinar.

---

<sup>13</sup> Vygotsky, L. S. (1932) *Pensamento e Linguagem*, Coleção Psicologia e Pedagogia. Livraria Martins Fontes Editora Ltda. São Paulo.

## 1.7 - Objetivos específicos

Considerando a situação de uso do perspectógrafo para analisar as possibilidades de adoção de instrumentos, como um elemento a contribuir para a condução de um processo de construção, ou de transformação de conhecimento, os objetivos específicos que traçamos são os seguintes:

- Identificar as mediações possíveis, através da utilização do perspectógrafo, entre o conhecimento em perspectiva e o sujeito em ação;
- Analisar as ações possíveis com o aparelho e seus efeitos na representação do aluno;
- Estabelecer uma relação entre os atos de perspectiva, permitidos pelo instrumento, e o conhecimento no domínio teórico, a ser considerado dentro da condução da aprendizagem.

## 1.8 - Encaminhamento metodológico

A abordagem do problema proposto teve início na pesquisa de aparelhos que pudessem permitir tanto a simulação do espaço projetivo, bem como a ação sobre o mesmo. Assim identificamos nas *máquinas de desenhar*, concebidas no século XVI, uma fonte para a reconcepção do perspectógrafo que utilizamos neste estudo.

O passo seguinte consiste da análise de um quadro teórico, que permita a identificação das potencialidades do uso do aparelho, enquanto instrumento de ação e de aprendizado. Para tanto, o capítulo 2 será dedicado a uma revisão de diversos modelos existentes. O primeiro considera o instrumento como um mediador entre o sujeito e seu objeto de ação. Este modelo integra a teoria das atividades com instrumento, que nos permitirá a identificação das componentes do mesmo. Do ponto de vista da construção de conhecimento e da geração de conceitos, objetivos da ação com o instrumento, analisaremos os elementos necessários para a conceitualização no domínio do espaço projetivo. Abordaremos também os princípios da engenharia didática e as orientações teóricas, que a mesma permite, na abordagem da questão da ação didática. Por fim, será colocado em evidência um modelo de sistema didático, que propõe um detalhamento das relações entre o professor, o aluno e o saber em questão.

As teorias analisadas nos permitirão formular, no capítulo 3, um modelo que incorpora o instrumento, dentro da dinâmica de um processo didático. A proposta de modelo considera, no âmbito deste estudo, o domínio do espaço projetivo e as dinâmicas que podem ser implementadas em uma ação didática. Este modelo servirá como base para a elaboração de experimentos, que visam a verificar sua eficiência.

Para a validação do modelo proposto, diversos experimentos foram implementados e detalhados no capítulo 4. Nestes testes, são consideradas as múltiplas relações que os indivíduos (professor e aluno) podem ter entre si, com o instrumento e com o domínio do conhecimento do espaço projetivo. Os dados obtidos, a partir destes experimentos, nos permitem avaliar o modelo proposto e responder aos objetivos e hipóteses que foram levantados neste capítulo inicial.

Estes passos metodológicos se enquadram no processo da engenharia didática, surgido no início da década de oitenta. Vista como uma metodologia de pesquisa, a engenharia didática se caracteriza como um esquema experimental, baseando-se sobre as relações didáticas em classe, ou seja, sobre a concepção, a realização, a observação e a análise de seqüências de ensino<sup>14</sup>. Ela se caracteriza também pelo estudo de casos onde a validação é essencialmente interna, prescindindo assim de análises comparativas utilizadas em outras metodologias, utilizando como fundamento, uma confrontação entre uma análise *a priori* e a *posteriori*. A engenharia didática consiste a questionar, através de realizações efetivas em classe, as relações supostas pela teoria entre o ensino e a aprendizagem: o pesquisador organiza e estrutura um processo de ensino de modo a introduzir certas condutas nos alunos; a natureza e a amplitude da defasagem entre as condutas esperadas e aquelas obtidas servem como instrumentos plausíveis para as hipóteses que serviram para construir o processo de ensino<sup>15</sup>.

Considerando que os objetivos gerais deste estudo visam a análise de situações de ensino e o efeito dos instrumentos nas mesmas, a opção pelo método da engenharia

---

<sup>14</sup> Artigue, M. (1988), Ingénierie didactique, in: Recherches en didactique des mathématiques, vol 9/3, La pensée sauvage, Grenoble.

<sup>15</sup> Vergnaud, G. (1994), Théorie et concepts fondamentaux, in: Apprentissages et didactiques, où en est-on? Hachette, Paris.

didática se mostra uma opção compatível, que foi explorada ao longo da pesquisa e será explicitada neste documento.



## Capítulo 2

### Principais conceitos dos modelos existentes

#### 2.1 - Introdução

Para estudar a contribuição do perspectógrafo dentro da atividade de ensino da perspectiva escolheu-se analisa-lo dentro de um quadro construtivista. Neste sentido a teoria de Jean Piaget<sup>1</sup> sobre a construção e a transformação de esquemas, propõe um modelo onde a relação do sujeito é feita diretamente sobre seu objeto. O método instrumental de Vygotsky<sup>2</sup> considera porém que as relações entre sujeito e objeto são constantemente mediadas, e neste sentido, o modelo proposto por Rabardel e Verillon,<sup>3</sup> introduz um instrumento dentro da proposta bipolar do construtivismo. A primeira parte deste capítulo será dedicada ao estudo destes modelos e teorias, considerando a identificação da entidade instrumental e a análise da atividade com o perspectógrafo.

A análise do conhecimento que se deseja construir será objeto da segunda parte deste capítulo. Nela deverá ser abordado os modelos de representação, principalmente aquele proposto por Vergnaud<sup>4</sup>, assim como a estrutura que o mesmo propõe para os conceitos, sejam eles conceitos científicos, técnicos ou pragmáticos. Dentro desta abordagem será colocada em evidência algumas propostas de metodologia didática que visavam contribuir para a redução das dificuldades do aprendizado das técnicas de representação gráfica, dentre elas a perspectiva.

---

<sup>1</sup> Piaget J. (1972) *Problèmes de psychologie génétique*, Ed. Denoël/Gonthier, Paris.

<sup>2</sup> Vygotsky L. S. (1930) La méthode instrumentale en psychologie, in: *Vygotsky aujourd'hui*, B. Schneuwly et J.P. Bronckart eds., Delachaux et Niestlé.

<sup>3</sup> Rabardel P., Verillon P. (1985) Relations aux objets et développement cognitif, in: Actes des septièmes journées internationales sur l'éducation scientifique, Chamonix.

<sup>4</sup> Vergnaud G., (1985) Concepts et schèmes dans une théorie opératoire de la représentation, in: Les représentations, Ed. SFP, Paris.

Finalmente será feita uma análise dos diversos passos que envolvem a formulação do conteúdo de uma disciplina. Partindo daquilo que se pode definir como um domínio de conhecimento, como entidade geradora de um conteúdo, que será objeto de um aprendizado. Neste sentido, a teoria da transposição didática de Chevalard<sup>1</sup> permitirá a identificação de diversos estágios e das diversas relações, que se pode ter com níveis de conhecimento, que variam do saber corrente até o saber individual. Destacaremos então os princípios da engenharia didática através de alguns estudos que a utilizaram como orientação metodológica. Dentro desta abordagem, deveremos finalizar o capítulo analisando o modelo, proposto por Houssaye e analisado por Develay<sup>2</sup>, que coloca em relação os três elementos envolvidos na dinâmica didática: aluno, mestre e saber (ou conteúdo). Este modelo permite a identificação das diversas relações possíveis entre os seus pólos e a partir desta análise, propor a inserção do instrumento no interior desta dinâmica.

## **2.2 - A ótica do instrumento**

O objeto de estudo deste trabalho visa a uma análise da introdução de um instrumento na dinâmica de um processo de ensino. Assim nesta primeira parte, identificaremos as origens da definição instrumental e as condicionantes de sua existência. Esta análise visa a caracterizar o perspectógrafo e sua vocação instrumental, em conformidade com as teorias desenvolvidas.

### **2.2.1 - O construtivismo e o método instrumental**

O construtivismo recebeu este nome por se basear na teoria de que o conhecimento não é o resultado de um agrupamento de conteúdos, como acreditavam os comportamentalistas. Dentro de uma abordagem cognitivista, o construtivismo é uma teoria interativista, que não está centrada nem no homem, nem no meio, mas nas relações que podem existir entre ambos. O princípio da construção é a necessidade de equilíbrio. Nas estruturas cognitivas a necessidade de equilíbrio induz à construção das estruturas do conhecimento. O equilíbrio, de fato, nunca é completamente atingido mas existem épocas, na gênese do indivíduo,

---

<sup>1</sup> Chevallard Y. (1991) *La transposition didactique* - Du savoir savant au savoir enseigné, La pensée Sauvage, Grenoble.

<sup>2</sup> Develay M. (1992) *De l'apprentissage à l'enseignement*, ESF editeur, Paris

em que as perturbações a este equilíbrio são mais freqüentes. Não existe um equilíbrio completo, mas uma busca contínua neste sentido.

Entende-se por perturbação toda interferência que venha a causar um distúrbio no equilíbrio e que resultará em um esforço de compensação por parte do indivíduo. É a partir destes ciclos de perturbação/equilíbrio que se constrói os esquemas que permitirão o desenvolvimento. A passagem de um estado a outro, passando pela perturbação e a ruptura do equilíbrio, concretiza a idéia que não se pode construir uma estrutura mais complexa, sem ter passado por uma estrutura anterior também complexa. A proposta de Piaget conclui que este mecanismo básico se compõe de dois movimentos básicos: a assimilação e a acomodação que guiam o pensamento.

O construtivismo representou um avanço com relação às teorias comportamentalistas, mas ele conserva a idéia de uma relação entre dois pólos, o « indivíduo » e o « mundo » (figura 7).

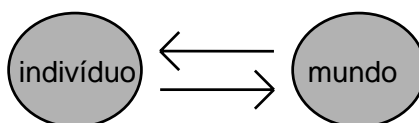


Figura 7 - Modelo bi-polar, base para o estudo das relações entre o indivíduo e seu meio.

A proposição do método instrumental, feita por Vygotsky,<sup>1</sup> antes mesmo do desenvolvimento das teorias de Piaget, considera a análise das ações humanas de forma mediada. Ou seja, a relação entre o indivíduo e seu mundo passa pela mediação de certos instrumentos. Vygotsky se dedicava principalmente ao estudo da linguagem, e como estas relações iriam interferir naquelas que ligam o indivíduo ao seu meio ambiente. As relações que podem existir adquirem uma nova multiplicidade, considerando a proposta de que entre o sujeito e seu meio ambiente existem elementos mediadores. Sem que fossem abandonadas ou negadas as

<sup>1</sup> Vygotsky L. S. (1930) La méthode instrumentale en psychologie, in: *Vygotsky aujourd'hui*, opus.cit.

teorias construtivistas, Rabardel e Verillon<sup>1</sup> propuseram o modelo de Situação de Atividade com Instrumento - SAI (figura 8), de forma a incorporar os elementos mediadores, nas relações entre o indivíduo e o objeto de sua ação. O princípio adotado para a concepção do modelo consiste em considerar os sistemas e objetos técnicos como meios, como instrumentos que são inseridos entre o sujeito e a realidade sobre a qual ele deseja agir<sup>2</sup>. O modelo de três pólos coloca em evidência uma nova complexidade de relações possíveis entre os diversos pólos. A diversidade de relações é bem maior que aquela oferecida pelo modelo bi-polar.

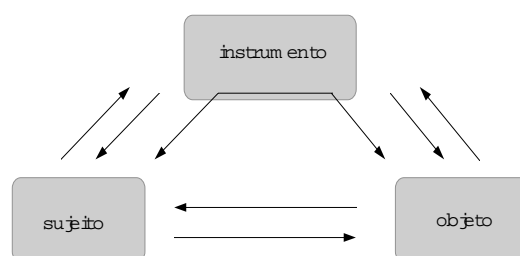


Figura 8 - Modelo de Situação de Atividade com Instrumento - SAI

A análise que será feita a seguir visa a apresentar os pontos principais da teoria das atividades com instrumentosa à partir do estudo do perspectógrafo como uma ferramenta.

### 2.2.2 - Do artefato ao instrumento

Quando Vygotsky define o instrumento como uma entidade mediadora das relações entre o homem e o objeto de sua ação, ele faz referência aos instrumentos psicológicos. No estatuto de instrumento psicológico ele inclui a linguagem, as diversas formas de contar e de calcular, os símbolos algébricos, as obras de arte,

<sup>1</sup> Rabardel, P., Verillon, P. (1985) Relations aux objets et développement cognitif, in: Actes des septièmes journées internationales sur l'éducation scientifique, opus. cit.

<sup>2</sup> Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies*. Armand Colin, Paris.

os esquemas, os diagramas, enfim todos os signos possíveis<sup>1</sup>. Ele definia estes instrumentos psicológicos como sendo adaptações artificiais, que visam a controlar os processos psíquicos. Estas adaptações não representam um desenvolvimento individual do sujeito mas uma incorporação de um código social, que visa a regular os processos de comportamento, próprio ou dos outros, assim como a técnica visa ao controle dos processos da natureza. Ainda que na sua origem o método instrumental considere apenas os sistemas de linguagem, seu conceito pode ser expandido.

Na interpretação dada por Rabardel, o instrumento pode ser também um « objeto material fabricado ». Porém o estatuto instrumental não pode ser considerado como uma propriedade do artefato<sup>2</sup>, mas como uma característica ligada a uma situação de uso. Ele pode vir a ser um instrumento, à medida em que ele esteja servindo a um uso, em uma situação de ação. O caráter instrumental não é uma propriedade do artefato, mas um estatuto que ele pode adquirir e que só existirá concretamente numa relação com a atividade do sujeito.

Neste sentido identificam-se as primeiras noções das dimensões instrumentais no campo dos artefatos. Assim como a linguagem possui seu lado material, representado pelos símbolos que ela usa - o significante -, ela não prescinde de um lado significado que traz o sentido para seu uso. As palavras em si, enquanto significantes, não podem ser instrumento de comunicação, se não forem acompanhadas de um significado. Assim se compõe o instrumento de linguagem.

No campo dos artefatos identifica-se o lado material do instrumento através de sua componente tecnológica. Esta componente traz um paralelo com o significante da linguagem. Na medida em que o artefato seja inserido em uma situação de uso, seus elementos irão adquirir um sentido na ação, para o sujeito que o manipula e que interfere no objeto de sua atividade. Neste sentido identifica-se aquilo que foi chamado de *componente esquemática do instrumento*. Esta componente está ligada ao sujeito e à representação que o mesmo constrói, das ações que ele pode executar sobre e através do artefato. As componentes tecnológicas do artefato adquirem um sentido que ultrapassam os limites da dimensão artefactual do

---

<sup>1</sup> Vygotsky L. S. (1930) La méthode instrumentale en psychologie, in: *Vygotsky aujourd'hui*, opus.cit.

<sup>2</sup> O termo « artefato » possui uma conotação mais neutra e foi adotado por Rabardel para substituir o termo « objetos materiais fabricados » utilizados por diversos autores.

instrumento. Rabardel chamou esta segunda componente de componente esquemática. Ela está ligada à situação de ação e ao sujeito que se encontra na origem da mesma. A análise que se segue, parte do ponto de vista de uma entidade instrumental mista, e será dedicada a uma avaliação das possibilidades de identificação das componentes tecnológicas e esquemáticas no perspectógrafo.

### **2.2.3 - Uma análise do perspectógrafo enquanto instrumento**

Nesta análise vamos abordar os critérios para a definição de um instrumento, proposto por Rabardel, que serão aplicados ao aparelho, proposto para o ensino da perspectiva. O perspectógrafo será analisado quanto às suas componentes instrumentais, suas funções e sua vocação, para instrumentação ou instrumentalização da ação.

#### **2.2.3.1 - Definição da componente tecnológica**

O desenho da perspectiva, à nível técnico, é feito a partir das transformações das informações e de ações feitas sobre as representações projetivas dos elementos geométricos. De fato, a perspectiva é também uma forma de representação gráfica, ligada a um sistema de projeção cônica central. Para a execução de uma perspectiva, a partir de meios unicamente gráficos, as informações necessárias ao trabalho tem sua origem em outros tipos de projeções, as projeções cilíndricas ortogonais. Estas informações devem ser tratadas e transformadas, e são a base de um trabalho de compreensão da forma tridimensional e sua representação através de meios bidimensionais.

O aparelho concebido para o trabalho sobre a perspectiva, parte do princípio de que os efeitos das transformações gráficas pode ser experimentados antes mesmo da compreensão de seu funcionamento. As transformações projetivas podem estar implícitas em uma atividade concreta, construída com as três dimensões da realidade, antes de iniciar o estudo dos conceitos abstratos, que são necessários para o trabalho em um meio gráfico. Assim, a concepção do aparelho partiu do princípio de reprodução do quadro de referência, adotando como um retângulo em vidro posicionado de maneira perpendicular em relação ao solo. Ele deveria

também tornar possível a fixação do olho<sup>1</sup>, ou seja, que o sujeito executando sua perspectiva pudesse dispor de uma referência, que permitisse que sua posição de observação continuasse a mesma, do início ao fim de sua ação. O aparelho propõe esta referência sob a forma de um anel, através do qual o sujeito deve olhar o elemento a ser desenhado sobre o vidro. Este anel é fixado sobre um bastão, que permite a escolha de posições variadas a nível de altura e de proximidade, com relação ao quadro de referência (materialmente representado pelo vidro). Pode-se identificar também no aparelho outras componentes básicas da perspectiva, tais como o ponto de fuga e a linha do horizonte. Porém, tais noções, menos concretas, não são necessárias ao trabalho e elas implicam as primeiras manipulações de conceitos abstratos. Assim, o aparelho pode fornecer informações concretas sobre a atividade projetiva e ele permite também algumas manipulações de conceitos abstratos, como o « ponto de fuga » ou a « linha do horizonte », que são entidades geométricas.

#### **2.2.3.2 - As funções do aparelho**

A função do aparelho, enquanto ajuda, que pode ser fornecida à situação de aprendizagem da perspectiva, tem origem na sua capacidade de materializar o ambiente da projeção cônica. Ele permite ao sujeito executar o desenho de uma perspectiva, sem fazer uso dos conceitos que se deseja ensinar. De fato, quando o sujeito executa um ato de perspectiva sobre o aparelho, ele não está fazendo uma perspectiva. Os resultados que se pode obter são, evidentemente, semelhantes aos resultados que se pode obter através da técnica geométrica, mas falta a compreensão da lógica da transformação da realidade em uma representação gráfica que a representa. Neste sentido, a atividade com o aparelho deve ser conduzida de maneira a fazer os alunos identificarem os invariantes, que serão necessários para a execução de uma perspectiva. O aparelho visa permitir uma ação. Esta ação pode ter como objetivo a produção de um desenho, neste caso o aparelho adquire o estatuto de meio de produção. Mas outros tipos de atividades podem também serem executadas. Enquanto instrumento de simulação do espaço projetivo, o aparelho permite também a ilustração dos componentes geométricos da perspectiva (ponto de fuga, linha do horizonte, ponto principal). A ação, neste caso, não é mais de produção mas de identificação e o estatuto do aparelho passa a ser o de meio de representação. A partir de uma mesma componente tecnológica

---

<sup>1</sup> A fixação do olho permite a materialização de um ponto de vista único, princípio fundamental da perspectiva cônica.

podem surgir diversas componentes esquemáticas, cada uma ligada à atividade que se desenvolve sobre o aparelho. As atividades possíveis serão discutidas no capítulo em que será apresentado o modelo de uso dos instrumentos no ensino. O que é importante destacar são as diferentes relações que se pode estabelecer com o aparelho, e as consequências na identificação da componente esquemática do instrumento. A componente tecnológica faz parte das características do aparelho, mas a, ou as componentes esquemáticas tem sua origem no uso que se faz do mesmo.

Assim que os alunos compreendam o funcionamento da perspectiva e que eles se tornem capazes de executá-las no domínio geométrico, o aparelho sofrerá novamente uma transformação de suas funções. Aquelas de meio de produção ou de ilustração, assim como outras possíveis, serão substituídas por uma função de evocação. O objetivo inicial de sua adoção era de permitir a ação direta sobre o espaço projetivo, sem passar pelas representações gráficas. Nesta ação os alunos podem identificar os invariantes relativos às transformações e podem também verificar os resultados que podem ser obtidos, a partir de uma posição de observação sobre um objeto. Mas os efeitos desta lógica devem ser aplicados no domínio abstrato da geometria. Assim, o aparelho será um instrumento durante o período da aprendizagem onde são feitas as análises sobre os efeitos das diversas posições do observador, com relação ao objeto observado, ou quando são apresentadas sobre ele as entidades geométricas abstratas simuladas. Ele vai permitir a construção de uma representação do conjunto projetivo, da tarefa ou das tarefas executadas, dos efeitos obtidos. Tais representações devem ser transformadas no sentido de construir uma representação sobre a atividade geométrica. Assim que os conceitos que se deseja construir estejam prontos, pode-se trabalhar sobre o espaço projetivo de uma maneira abstrata, sem a manutenção de uma relação direta com o aparelho. Ele terá assim cumprido algumas de suas funções iniciais, e terão início outros tipos de funções. O aparelho pode deixar de existir materialmente em classe, mas ele continuará a existir sobre a forma de evocação, dentro da representação de cada sujeito que agiu sobre ele.

### **2.2.3.3 - A atividade com o perspectógrafo no modelo SAI**

O quadro teórico que iremos desenvolver é aquele da teoria das atividades com instrumentos. Inicialmente será necessário identificar os elementos desta teoria e o campo de atividade escolhido. Tomando o modelo SAI, que apresenta a tríade



característica das Situações de Atividade Instrumentada, podemos encontrar diversas posições para os diversos componentes das situações implicadas neste estudo.

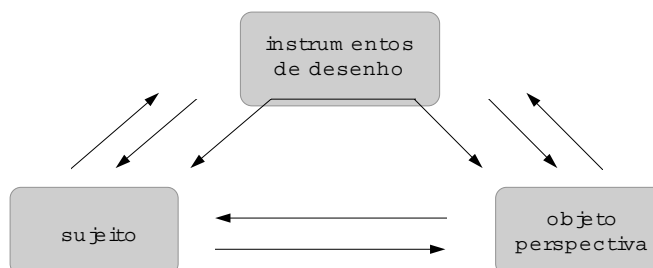


Figura 9 - Situação de atividade instrumentada - SAI  
sujeito - instrumentos de desenho – perspectiva

A atividade representada na figura 9 é aquela do desenhista em uma ação de perspectiva. O desenho em si pode ocupar o polo objeto e a ação do desenhista sobre ele é intermediada pelos instrumentos de desenho, lapiseira, régua, assim como o conjunto de informações que deve ser obtido de outras formas de projeção (dados sobre as características do objeto representado, expresso em projeções ortogonais). A ação do sujeito pode ser feita diretamente sobre o desenho mas também pode sofrer a mediação dos instrumentos. Uma linha reta não será traçada sem que se faça uso de um esquadro. O simples fato de desenhar requer o uso de um instrumento de escrita. Assim, na atividade singular de um desenhista e sua perspectiva, podemos já identificar o estatuto que pode adquirir cada elemento, dentro da teoria da atividade com instrumentos.

Mas essa seria apenas uma das formas de analisar um dos aspectos das situações. Se olharmos o desenho como uma forma de comunicação, através da qual se informa sobre os projetos de construção, sejam de peças mecânicas ou de elementos arquitetônicos, teremos que incluir esta forma de desenho como um instrumento de representação da realidade de se deseja construir. E assim o modelo passa a comportar uma nova forma (figura 10). A perspectiva, que antes ocupava o polo objeto, agora representa o instrumento mediador das relações ente o sujeito e o objeto de sua ação. Em uma atividade de projeto as ações sobre o elemento projetado são seguidamente intermediadas por desenhos, planos ou perspectiva, que antecipam a forma que o mesmo devera ter.

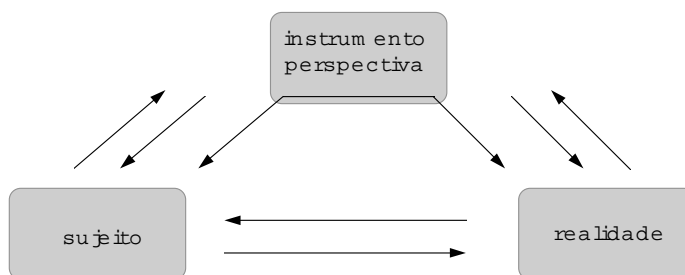


Figura 10 - Situação de atividade instrumentada - SAI  
sujeito - perspectiva - realidade

Através destes dois exemplos, que poderiam ser expandidos para muitos outros, visamos colocar em evidência a multiplicidade e a dinâmica que a adoção do modelo SAI permite. Reforçamos assim a idéia de que o caráter instrumental não pode ser vinculado ao artefato em si, mas à situação em que o mesmo está inserido e à relação que o sujeito pode vir a ter com o mesmo em ação.

Na situação em que se utiliza o perspectógrafo como um meio de ajuda à construção de conceitos no espaço projetivo, o desenho retoma o lugar do polo objeto e o perspectógrafo vem a ocupar o polo instrumento. Porém isso será válido para a situação em que o aluno terá como atividade a execução de uma perspectiva. Podemos também considerar que o perspectógrafo ganhe o estatuto de objeto e que ele apenas represente algumas das entidades geométricas. Assim a ação do sujeito não será sobre o perspectógrafo - instrumento, mas sobre o perspectógrafo - objeto.

Esta diversidade de opções para identificar as situações que podem ser analisadas, fornece um indício da variedade e da dinâmica do processo de gênese instrumental. Ela mostra a possibilidade de conferir ao aparelho diversos estatutos, de acordo com a ação que se pode executar com o mesmo. Enfim o aparelho não poderá atingir o estatuto de instrumento, se o mesmo não estiver inserido em uma ação. Nesta ação ele pode ser um meio de produção, um meio de ilustração e mesmo um meio de regulação. Mas ele pode também vir a ocupar o polo objeto. Todas estas possibilidades podem ser interpretadas segundo o modelo SAI e mostram a dinâmica do processo e a riqueza que se pode obter, optando por uma análise sob a ótica de um modelo tripolar.

### 2.2.3.4 - A ação com o perspectógrafo

A situação de atividade instrumentada que melhor reproduz a situação de estudo é aquela em que a perspectiva ocupa o polo objeto<sup>1</sup>, e onde o perspectógrafo se torna um instrumento (figura 11). Para tanto, devem ser atribuídas ao sujeito algumas tarefas que serão executadas sobre o perspectógrafo.

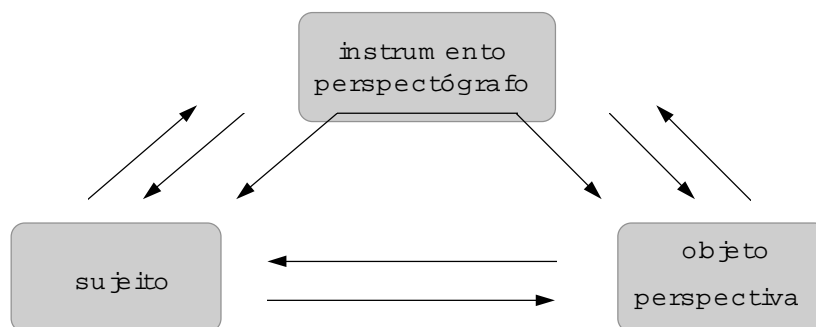


Figura 11 - Modelo SAI, situação de estudo - Sujeito/Perspectógrafo/perspectiva

Entre o sujeito e o objeto, no modelo apresentado, consideramos a ação de produção de uma perspectiva. Assim o objeto da ação é o desenho e esta ação é mediada pelo perspectógrafo que adquire então estatuto de instrumento. Nesta situação a perspectiva produzida faz referência a um objeto real, presente e colocado atrás do quadro de referência em vidro. Entre o desenho que se produz e o objeto real deve existir uma relação, como entre a realidade e sua representação. O sujeito deve agir sobre seu objeto - a perspectiva -, sendo capaz de fazer as transformações necessárias nas dimensões e nas direções das linhas a partir do arranjo escolhido entre observador, plano de referência e objeto (elemento tridimensional). O efeito dos invariantes pode ser observado pelo sujeito. A perspectiva deve sempre permitir a ilusão de realidade. Se isso não acontece é porque, ou as regras não foram respeitadas ou elas não foram compreendidas. O objeto final, que nesta situação é a perspectiva, deve manter a relação com a realidade que ele representa. Esta realidade adquire o estatuto de referente.

Finalmente, como a perspectiva pode também obter o estatuto de instrumento, e no ensino da mesma o objetivo é de instrumentar o aluno neste sentido, dentro da

<sup>1</sup> Ainda que ela possa ser considerada como um instrumento de representação gráfica. Porém isso implicaria na escolha de uma outra situação de ação.

dinâmica do ensino, através de instrumentos, o perspectógrafo ganha o estatuto de instrumento, servindo à construção de um outro instrumento. Esta é uma função transitória que permite compreender o modelo como sendo dos pólos sujeito/perspectiva/realidade, que deve ser construído a partir de um modelo sujeito/perspectógrafo/perspectiva. Isso significa que a perspectiva vai se manter no polo objeto, até o momento em que o sujeito seja capaz de utiliza-la como um instrumento. E assim vemos ainda novos índices da gênese instrumental, desta vez ligada à perspectiva. No final do processo de aprendizagem ela deve deixar o polo objeto que será ocupado pela realidade que ela tenta representar. O estatuto do perspectógrafo vai sofrer outra modificação, pois ele deixará de existir materialmente. Isso não vai significar porém que ele deixará de existir completamente. As ações que foram executadas com o aparelho, e que geraram esquemas de uso específicos, permitem que o aparelho prolongue sua existência independentemente de sua presença material. Ele continua sendo evocável dentro dos esquemas que foram construídos pelo seu uso. Ele esta presente nos esquemas que foram construídos pelos indivíduos que executaram as ações de perspectiva.

Na relação entre o sujeito e o perspectógrafo podemos encontrar duas componentes diferentes. Primeiro sua compreensão enquanto aparelho, o artefato tecnológico, o quadro em vidro, o anel para o olho, as diversas regulagens de posição que são vistas como um artefato pelo sujeito. A partir do momento que apresentamos a tarefa a ser executada, tem início a atividade com instrumentos, uma vez que o aparelho é introduzido em um uso. A segunda componente esta ligada a este uso. As possibilidades técnicas oferecidas pelo aparelho, a tarefa prescrita e a possibilidade de executar de uma maneira eficaz, são abordagens ergonômicas do ponto de vista físico. Do ponto de vista cognitivo, os resultados obtidos pelas atividade com o instrumento não são ainda os invariantes, que se deseja identificar. Será necessário construir os esquemas de ação para iniciar a aquisição de conceitos básicos. Eles podem ser construídos pela estimulação no curso da atividade e segundo as tarefas prescritas.

A relação entre o instrumento e o objeto da ação é representada, no modelo SAI para a situação de estudo, pela relação entre o perspectógrafo e a perspectiva. Na concepção do perspectógrafo, esta relação significa a concretização dos elementos abstratos, ligados ao domínio da perspectiva. Na história do aparelho podemos ver

duas situações diferentes. Primeiro aquela dos pesquisadores do século XVI. Para Dürer, da Vinci ou Lambert<sup>1</sup>, o uso do aparelho não estava ligado à aprendizagem da técnica da perspectiva, que eles dominavam perfeitamente, mas à pesquisa de efeitos e a representação do ambiente projetivo, tal como eles o viam. Na reconstrução do aparelho, feita para o estudo de sua contribuição para o ensino da perspectiva, a relação com o aparelho sofre uma mudança de estatuto.

A ação dos alunos sobre o aparelho não é a mesma de um pesquisador, e a diferença principal está no conhecimento anterior sobre o domínio da projetividade. Os pesquisadores do século XVI buscavam aprimorar suas técnicas gráficas em busca dos efeitos de deformação de superfícies especiais. Para os alunos, que executam um ato de perspectiva com o aparelho, o estatuto não é o mesmo, ele estaria mais ligado à ação da descoberta. Considerando-o como um simulador da atividade de construção de uma perspectiva, o aparelho permite a leitura das transformações, que sofreram as formas reais. A identificação destas transformações podem ser uma fonte para estimular a busca das razões, as regras e os invariantes destas transformações. Na técnica do desenho de perspectiva o trabalho de transformação das informações está sujeito a um encaminhamento preciso. Na atividade com o aparelho, estas transformações acontecem sem a necessidade de compreensão da conduta técnica. Pode-se ver nesta relação uma proximidade entre a realidade e a abstração. A perspectiva, enquanto técnica, é essencialmente abstrata e precisa. Por outro lado, o perspectógrafo traz elementos concretos, mas ele não contempla a precisão. Ele permite porém a investigação, a ação e a execução, em um campo real, de operações e de transformações que são ligadas ao campo conceptual e abstrato.

#### **2.2.3.5 - Definição da componente esquemática**

Segundo a teoria das atividades com instrumentos, para que se possa conferir a um artefato o estatuto de instrumento deve ser possível identificar no mesmo uma componente tecnológica e uma componente esquemática. A definição da componente tecnológica já foi objeto deste capítulo, pois o aparelho permite a simulação de um ambiente projetivo. A componente esquemática esta ligada à atividade do sujeito. Uma das possibilidades do aparelho é de permitir a ação do sujeito sobre um espaço, que possui uma forte correlação com o espaço projetivo representado através do desenho. Assim, a adoção da atividade com instrumentos

---

<sup>1</sup> Tres pesquisadores que executaram projetos de « máquinas de desenhar ».

para a compressão da perspectiva, se deve à necessidade de construir esquemas de ação para a atividade sem o perspectógrafo. Para tanto deveremos encontrar pontos de convergência entre a ação concreta com o instrumento, os esquemas que esta ação permite construir, e as necessidades conceituais do trabalho da perspectiva geométrica.

Para a definição de um artefato enquanto instrumento necessitamos, como já foi dito da definição de duas componentes estruturais. Tentaremos agora definir a componente esquemática, mas é preciso esclarecer que mesmo na existência de um só aparelho, ou uma única componente tecnológica, pode-se identificar diversas componentes esquemáticas ligadas a diversos usos diferentes. Antes de analisarmos este aspecto, no caso do perspectógrafo, usaremos um exemplo ligado a outro artefato como forma de identificação das possibilidades de coexistência, de diferentes instrumentos em um mesmo artefato. A caneta, de uma maneira geral, é um artefato que visa à escrita. Ela possui um reservatório de tinta, ela tem uma forma alongada para permitir o uso através da mão humana. De uma maneira extremamente resumida, acabamos de colocar algumas poucas características da componente tecnológica de um artefato « caneta ». Consideremos agora uma ação em que se deseja apontar para uma parte de uma figura. O uso da caneta pode ser adequado para tanto, sua forma alongada se adapta também a este uso, e neste caso o instrumento não visa mais a escrita mas a ação de « apontar ». O aspecto tecnológico da tinta deixa de ser importante para este uso, e o aspecto da sua forma é colocado em evidência. Um mesmo artefato e dois instrumentos diferentes, dois esquemas diferentes. Indo um pouco mais longe podemos encontrar a caneta prendendo uma mecha de cabelo, ou fazendo um ruído quando batida contra um outro material, ou servindo para enrolar uma fita cassete. Sem se aprofundar nas especificidades destes « novos » usos que se pode atribuir a uma caneta, podemos ver em cada um deles uma nova componente esquemática. E, na criação de cada novo esquema de uso identificamos aquilo que Rabardel chamou de gênese instrumental. Segundo ele, os instrumentos não são dados diretamente ao sujeito, este último participa da sua gênese instrumental na medida em que ele escolhe que uso fazer de um artefato. Não são raros os casos de desvio de função de um artefato, como o uso de um forno para secar roupa ou de uma caneta para prender o cabelo. Nestes « desvios de função » podemos identificar os efeitos da gênese instrumental.

O sujeito constrói sua própria componente esquemática quando vai se servir de um artefato. Esta segunda componente de um instrumento representa a participação do sujeito no processo. A atividade com o aparelho vai requerer a construção, transformação ou adaptação de esquemas anteriormente construídos pelo sujeito. Assim, o artefato, o aparelho, a ferramenta etc. se tornará um instrumento a partir de sua utilização. Neste momento de uso, os vários tipos de esquemas são colocados em ação pelo sujeito e assim se completa o processo de gênese instrumental. Se o sujeito não compreende seu uso, ou não o aplica em uma ação, o artefato não mudará de estatuto. O mesmo não se aplica para as ferramentas na gaveta, elas não estão inseridas em um uso, mas o sujeito as conhece e conhece suas funções, e sabe utilizá-las em seu trabalho. Ele já desenvolveu os esquemas que estão associados às mesmas.

Se, na história de sua criação, o perspectógrafo representou a materialização de um certo conhecimento, que já existia na representação dos pesquisadores que o desenvolveram, na atividade de ensino o caminho a ser percorrido tende a ser o inverso. Os usuários do perspectógrafo não possuem necessariamente uma representação inicial sobre o trabalho em projeção e não desenvolveram os esquemas específicos para esta atividade. A atividade com o aparelho vai exigir a construção de esquemas, de conceitos e de representações junto ao sujeito. Cada uma destas construções deverá fazer parte do conhecimento que se deseja ver construído. Para a construção dos esquemas de ação o sujeito se servirá de seus próprios esquemas anteriores.

Na atividade de execução de uma perspectiva, um esquema que pode ser evocado é o de cópia sobre papel transparente. Uma das atividades que os alunos devem executar com o aparelho é a da cópia, sobre papel transparente, da imagem de um objeto tridimensional. A partir do esquema que o sujeito já dispõe de cópia, ele vai desenvolver as adaptações necessárias para a nova atividade, mas que guarda uma similaridade com aquela da cópia. Cada uma destas transformações dos esquemas podem ser úteis no processo de aprendizagem da perspectiva, pois alguns dos invariantes operatórios da atividade com o aparelho podem ser os mesmos para a ação sobre a própria perspectiva. A identificação destes invariantes será objeto dos testes de campo, mas já se pode supor que no esquema da cópia sabe-se da necessidade de manter os dois papéis (aquele que está sendo copiado e aquele em que se faz a cópia) na mesma posição do início ao fim da ação, sob

pena de se perder a referência entre um e outro desenho. Esta regra é basicamente a mesma para o trabalho sobre a perspectiva, naquilo que se refere a posição do olho. Esta posição deve ser a mesma e o sujeito deve utilizar as possibilidades que o aparelho oferece para poder manter a mesma referência.

Existem porém certas regras de ação que serão ligadas exclusivamente ao aparelho e que não encontrarão uma relação com a atividade da perspectiva geométrica. Por exemplo, o sistema de regulação da posição do observador ou as possibilidades técnicas de movimentação do anel de referência. Estes dois componentes tecnológicos do aparelho serão contemplados com esquemas de uso específicos, que não encontrarão necessariamente uma referência na técnica gráfica da perspectiva.

Dentro da teoria de Piaget encontramos os dois movimentos que podem ser estimulados, quando da execução de uma ação pelo sujeito. Um deles é a assimilação, quando um novo elemento encontra um esquema dentro do qual ele pode se adaptar. Um segundo movimento é o da adaptação, quando o esquema deve se modificar para poder se adaptar ao novo elemento. Estes movimentos tem como origem a atividade do sujeito e nesta atividade podemos encontrar o espaço para a inclusão do instrumento. Os instrumentos podem trazer novas informações, que serão identificadas na ação. Em um ato de perspectiva, certos conceitos podem ser identificados, pode também ser provocada uma assimilação aos esquemas já existentes no sujeito ou uma acomodação em novos esquemas. A ação representa então um saber autônomo, a ação com o perspectógrafo pode não representar um conhecimento consciente, mas ela pode ser a fonte de uma compreensão das transformações conceituais dos elementos geométricos.

Piaget<sup>1</sup> propõe três patamares, na evolução da ação instrumentada, que representam um caminho para a construção do conhecimento na aprendizagem da perspectiva com a ajuda do perspectógrafo. O primeiro patamar é aquele da ação material sem conceptualização. Nas primeiras tarefas com o aparelho o sujeito estará adaptando seus esquemas, sem tomar consciência dos conceitos que podem ser construídos. No início o sujeito se habitua ao aparelho, na medida em que ele aprende a se servir da conduta instrumental. O segundo patamar, ainda em

---

<sup>1</sup> Piaget, J. Citado por Rabardel P. (1995) *Les hommes et les technologies*, opus. cit., p. 101 e 102.



Piaget, é aquele aonde inicia a construção de conceitos, a partir do resultado das ações. Esta evolução no sentido da construção dos conceitos vai necessitar de uma estimulação. No caso da perspectiva, as implicações geométricas são múltiplas, e uma má conduta na análise da atividade pode se tornar ineficaz para o processo de aprendizagem. Pode-se usar como exemplo o conceito que faz referência ao processo de transformação das linhas horizontais dos objetos, sujeitos a uma representação perspectiva. De um modo geral, os indivíduos dispõem de um esquema que permite dizer que certas linhas horizontais do objeto serão representadas, no desenho, através de linhas inclinadas. Mas estas inclinações seguem uma regra precisa, as linhas horizontais devem convergir em um ponto de fuga. Este último é determinado em função da inclinação relativa entre as linhas do objeto real e o plano do quadro de referência. Esta relação não é de simples identificação, mesmo que este conceito seja de extrema importância para a perspectiva. Assim, no segundo patamar evolutivo, enunciado por Piaget, a construção dos conceitos, a partir do resultado das ações, deve ser supervisionada de maneira a evitar as interpretações errôneas das relações identificadas. As linhas inclinadas seguem uma direção precisa do ponto de fuga, e os pontos de fuga devem estar sobre uma mesma linha do horizonte. Estes são os dois invariantes que devem fazer parte do conceito construído. Se estes invariantes não forem contemplados, então podemos dizer que se construiu apenas um conceito em ato<sup>1</sup>, no sentido que é atribuído por Vergnaud<sup>2</sup>. O conceito se encontra em estado operacional mas ele não contempla todas as exigências para se tornar eficaz. O indivíduo deve saber fazer uso do conceito, mas sem a tomada de consciência das razões de seu funcionamento, fazendo com que seu uso seja limitado.

O terceiro patamar é aquele das abstrações. A partir dos conceitos construídos na etapa anterior, o sujeito se torna capaz de fazer as abstrações necessárias para a atividade projetiva. Estes três patamares propostos por Piaget reconstituem as etapas que tentaremos executar, através da adoção do perspectógrafo como um instrumento. Inicialmente a ação, em seguida a tomada de consciência através da indução de um processo de investigação, e por fim, o trabalho no campo abstrato

---

<sup>1</sup> A noção de conceito em ato é ligada aqueles conceitos que estão ativos no indivíduo e que podem ser percebidos no curso de sua ação, mas que não são conscientes ou verbalizáveis. O sujeito faz uso dos mesmos, mas eles não são formalizados. A partir do momento que eles se tornam conscientes, comportando assim uma verbalização, estes conceitos podem ser considerados pragmáticos, técnicos ou mesmo científicos, dependendo da extensão do seu campo de validade.

<sup>2</sup> Vergnaud, G.(1990) La théorie des champs conceptuels, in: Recherches en didactique des mathématiques, Vol 10/2.3, La pensée sauvage, Grenoble.

do domínio do desenho. No processo de investigação, espera-se identificar as transformações dos esquemas no sentido da abstração. Os esquemas transitórios, construídos a partir da atividade, podem ser empregados na inferência das regras de ação e dos invariantes, e podem permitir aos alunos o trabalho tanto na realidade, como no campo abstrato. O sistema de significantes apropriado para trabalhar os conceitos geométricos é de natureza abstrata. Assim, desde o início da conduta de investigação, se estará trabalhando, simultaneamente, sobre o espaço real e sobre o espaço representado.

#### **2.2.3.6 - Perspectógrafo, instrumentação ou instrumentalização**

Em um processo de gênese instrumental, como aquele que estamos atribuindo ao perspectógrafo, podemos ver que a elaboração instrumental pode ter como objeto a tarefa que é dada ao sujeito e a reorganização de sua atividade, com vistas à ação como o mesmo. Mas podemos ver também uma transformação do sistema técnico, e neste sentido, a elaboração instrumental se dirige no sentido do objeto da ação. O primeiro caso, quando a gênese instrumental se dirige ao sujeito, foi designado como um caso de instrumentação, o segundo, como um processo de instrumentalização (Rabardel/95).

A introdução de um aparelho, dentro do processo de aprendizagem da perspectiva, terá como resultado uma necessidade de organização da atividade à nível de sua compreensão. Assim, o sujeito se vê obrigado a rever seus esquemas de forma a adaptá-los às novas condições de trabalho. Neste sentido, a introdução e a gênese do instrumento tendem ao sujeito e tomam a forma de um processo de instrumentação. O processo de instrumentação é relativo à emergência e à evolução dos esquemas de utilização e de ação instrumentada.

Considerando a perspectiva como um instrumento em si, podemos dizer que seu aprendizado indica também um processo de instrumentação, uma vez que ele gira em torno do sujeito e de seus esquemas de trabalho. Para que o sujeito disponha da perspectiva, enquanto instrumento (interno ao sujeito), ele deve ser capaz de colocar em ação os esquemas desenvolvidos ao longo do aprendizado. A perspectiva será um instrumento de expressão, como outros diversos instrumentos psicológicos, tais como a fala ou a escrita.

Mas, a dinâmica da instrumentação que atinge o sujeito, exigindo do mesmo uma adaptação, pode também tomar o caminho inverso. O sujeito se adapta ao uso do instrumento e pode, ao mesmo tempo, participar em um processo de enriquecimento do mesmo. Neste retorno, no sentido a ação sobre o objeto através de um instrumento enriquecido pela interferência do sujeito, identificamos o processo de instrumentalização. A interferência do sujeito se faz a nível da componente tecnológica do instrumento, de forma a expandir sua atuação sobre o objeto da ação. A concepção do perspectógrafo pode se identificar a um processo de instrumentalização. Os pesquisadores do século XVI, que conheciam o funcionamento do instrumento gráfico da perspectiva, participaram da elaboração deste mesmo instrumento, de forma a agir sobre o objeto (a representação de objetos reais), de uma forma diferente, mas de maneira a obter o mesmo resultado. O aparelho criado substitui a técnica gráfica na ação, ele representa uma reorganização da componente artefactual da perspectiva. Ele toma a forma de um simulador, sem porém estar sujeito ao mesmo ambiente de trabalho do desenho tradicional. O que é proposto neste caso é uma modificação do sistema técnico de maneira transitória, de modo a oferecer ao sujeito aprendiz uma vivência concreta, com as operações projetivas, antes de iniciar a construção dos conceitos pertinentes e de mergulhar no universo abstrato da geometria espacial. A instrumentação e a instrumentalização são duas orientações diferentes, mas que podem existir concomitantemente em um mesmo instrumento e segundo esta análise podemos identificar no perspectógrafo as duas dimensões em um processo de gênese e de elaboração instrumental.

### **2.3 - A ótica do conhecimento**

Na primeira parte deste capítulo buscou-se caracterizar o perspectógrafo enquanto instrumento. O objetivo deste trabalho é de introduzi-lo no estudo de uma dinâmica de ensino, seguindo os princípios da engenharia didática. A construção do conhecimento é o objetivo final de um processo de ensino, assim abordaremos a seguir os conteúdos relativos ao conhecimento que se deseja construir. Nesta abordagem visamos identificar as formas que ele pode assumir, nas diversas ações onde o conhecimento é colocado em ação, assim como os conteúdos do mesmo e as formas de aprendizagem que podem resultar no seu desenvolvimento.

### **2.3.1 - Formas de conhecimento e a representação**

A representação é uma forma estrutural que organiza os conhecimentos. Assim como podem existir conhecimentos locais e transitórios, as representações podem também obter este estatuto. Dentro do quadro construtivista, a noção de conhecimento foge daquela que utilizavam os behavioristas, que considera este último como uma justaposição de aquisições. Na teoria construtivista, seja ela vista a partir do modelo bi ou tri-polar, os conhecimentos estão sujeitos às estruturas e eles são interdependentes, de forma que a aquisição de um conhecimento (se é que podemos encontrar uma unidade para o expressar), pode gerar a reestruturação de muitos outros que haviam sido adquiridos anteriormente. O conhecimento do indivíduo não é composto de partes mas de um conjunto de relações, mais ou menos hierarquizadas.

#### **2.3.1.1 - Noções de representação e de sua estrutura**

É possível encontrar inúmeras definições sobre o conceito de representação. A definição clássica considera a representação como a idéia que se faz do mundo, ou de um dado objeto, imagem gráfica, pictural, etc. de um fenômeno, de uma idéia. A representação pode figurar como um símbolo. Podemos também encontrar diversos pesquisadores abordando a representação de maneiras diferentes. Para Leplat a representação é um modelo interno, para Mounoud e Vinter ela também é considerada um modelo, mas estes autores acrescentam sua característica de memória. Segundo Vergnaud a representação é um sistema de invariantes, mas ela também pode se tratar de um esquema para Ménardièrre e De Montmollin ou para Richard.

Utilizamos o conceito de representação como uma forma de evocar um objeto, ou uma situação real em sua ausência. Para Piaget, a representação não é a mesma coisa que a percepção, ainda que se possa construir uma representação, a partir da mesma, principalmente quando se trata de representação espacial. As diversas definições que encontramos não são exatamente conflitantes. Muitos dos aspectos levantados encontram similaridades entre as diversas posições. As considerações que Vergnaud traça sobre a representação nos parece reunir os aspectos convergentes das diversas posições e definem a representação como sendo a estrutura do real ou a conceitualização do real para agir eficazmente.

A representação é funcional e indispensável para o tratamento de inúmeras situações, mesmo as melhores habilidades motoras implicam na representação. Ela é, porém, lacônica uma vez que ela não visa a totalidade. A representação significa uma seleção de elementos que serão úteis, em função das necessidades ligadas a ação. Ela pode mesmo apresentar uma característica de deformação, com relação àquilo que se chama uma « imagem fiel » da ação representada. Para melhor compreender a estrutura da representação é preciso colocar em evidência seus componentes funcionais, como o fez Vergnaud, ao propor o esquema da figura 12. Nele são identificados os dois elementos básicos da representação.

De um lado sua componente material ou física, organizada sobre a forma de um sistema, que recebe o nome de significante. O primeiro deles é a própria linguagem natural, mas existem outros tantos e neste trabalho, a questão principal, refere-se aos sistemas gráficos. O segundo elemento é o significado, ou seja, o elemento que deriva de uma experiência do sujeito, é que conferiu o sentido ao elemento material significante. O significado é o lado conceptual da representação que se constrói, à partir das ações individuais do sujeito sobre o real e a leitura e interpretação de seus efeitos.

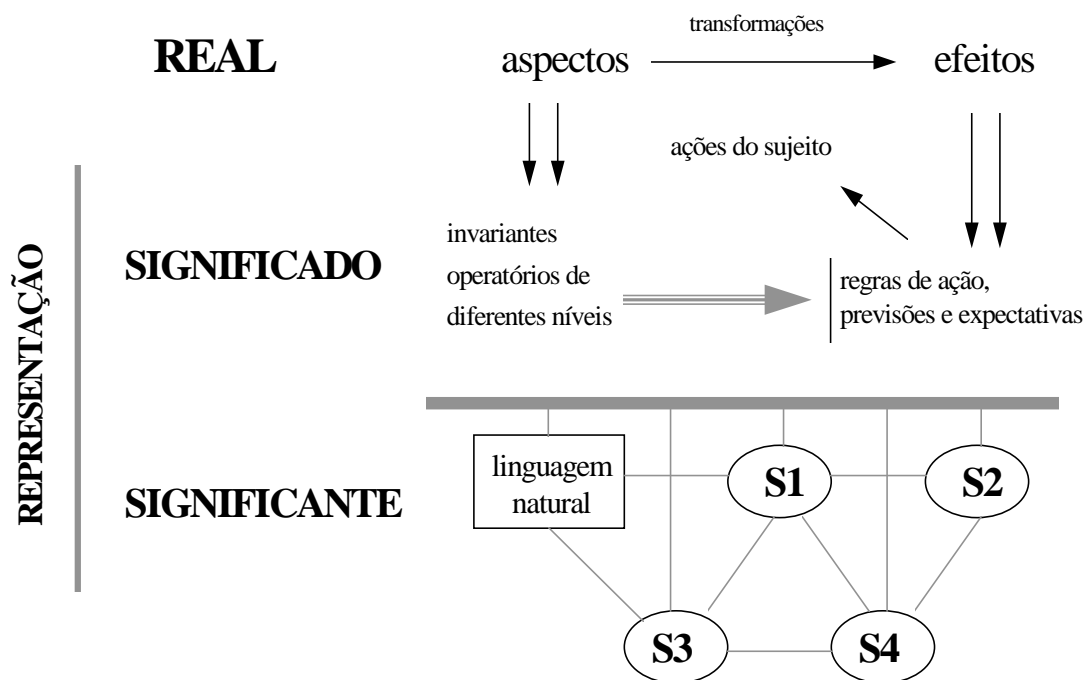


Figura 12 - Esquema da relação entre a representação e a realidade<sup>1</sup>

### 2.3.1.2 - Os *tipos* e *níveis* de representação

Nas noções de *tipo* e de *níveis* de representação encontramos duas formas relativas de classificar as representações. Primeiramente os *tipos* são noções ditas horizontais<sup>2</sup> que significam a variedade de forma que as representações podem adquirir de acordo com a modo de apreensão da realidade. Richard propõe três tipos principais de apreensão da realidade: as representações preposicionais (ligadas à linguagem de comunicação), as representações imaginadas (ligadas à percepção visual) e as representações ligadas à execução das ações ou representação para a ação. Existem, porém, representações de formas mistas que colocam em ação diversas modalidades, como é o caso das representações das transformações espaciais.

A noção de *níveis* de representação é proposta por Richard como uma noção vertical, ou seja, os diferentes níveis de profundidade de uma representação com relação à uma atividade. No âmbito deste trabalho e na relação com o perspectógrafo encontraremos diversos níveis de representação. Considerando a situação na qual o sujeito deve se submeter às tarefas que serão executadas com o aparelho, ele verá a transformação das informações que estão no espaço real em informações expressas, em um espaço projetivo. Cada tipo ou nível de representação tem seu papel dentro do processo de aprendizagem. Analisando o aparelho em sua concepção, podemos dizer que ele é o fruto da necessidade de construção de uma representação.

Para os pesquisadores do século XVI o conhecimento do espaço projetivo, enquanto técnica de representação gráfica, necessitava de uma forma de materialização, até mesmo para poder justificar os conceitos e invariantes que os mesmos utilizavam para a construção de perspectivas geométricas. A construção das primeiras « máquinas de desenhar », significaram a criação de uma referência material capaz de exprimir o ambiente de ação no espaço projetivo. Com a construção dos primeiros perspectógrafos um tipo de representação se criava. O

<sup>1</sup> Vergnaud, G., (1985) Concepts et schèmes dans une théorie opératoire de la représentation, in: Les représentations, opus. cit., p. 249.

<sup>2</sup> Richard, J. F. (1990). *Traité de psychologie cognitive* 2, Dunod, Paris.

aparelho em si, ou sua componente tecnológica, pode ser considerado como um elemento signifiante que se relaciona aos significados conceituais da projeção cônica. Neste sentido, a representação que atribuímos ao perspectógrafo, tem início na componente significado e se completa quando da criação de um conjunto de significantes materiais. Mas, esta é uma representação que se cria a partir do conhecimento dos pesquisadores da época.

Se analisarmos o aparelho em relação a um sujeito menos instruído que os pesquisadores do século XVI, no que se refere ao conhecimento do trabalho dentro do espaço projetivo (que é, em princípio, o caso dos alunos), podemos encontrar o caminho inverso daquele que acabamos de descrever. Partindo do princípio de que os conceitos de projetividade não se encontram evoluídos, junto ao aluno a apresentação do aparelho não deve gerar a mesma relação entre signifiante e significado. Ou se esta relação for gerada, pode ser no sentido do aspecto material dos componentes do aparelho. O anel de metal pode significar apenas um anel de metal, assim como o quadro em vidro não deve passar de um quadro em vidro. Como já vimos anteriormente, o aparelho não atingirá o estatuto de instrumento, enquanto ele não for relacionado a um uso, a uma ação. O mesmo acontece ao se ler a palavra « book » sem nenhum conhecimento da língua inglesa. A apreensão do elemento lingüístico de natureza fonética, não irá estimular nenhum significado conceptual que leve o indivíduo a pensar em um « livro ».

Ao se inserir o aparelho em uma ação, serão criados os elementos esquemáticos necessários para a gênese instrumental. Assim, as partes do aparelho começarão a adquirir um sentido. A identificação destes sentidos será objeto dos experimentos que serão descritos posteriormente. A partir da geração do sentido, o aparelho reinaugura sua vocação de representação, partindo porém de um ponto de origem completamente oposto daquele dos pesquisadores do século XVI. O aluno, na ação, pode encontrar o sentido para os elementos materiais do aparelho. Os pesquisadores do século XVI procuravam um elemento manifesto que pudesse materializar seus conceitos. Em ambos os casos encontramos uma gênese instrumental, mas cuja origem e desenvolvimento apresentam movimentos opostos.

Na construção da representação da situação de aprendizagem, consideramos a hipótese de início da criação de conceitos. A situação na qual o sujeito deve executar sua tarefa, significa um nível importante para o processo. A situação não

significa somente a tarefa a ser executada, mas o ambiente, a posição para desenhar, os passos e a estratégia escolhida para executá-la. Enfim todas as condições que envolvem a atividade em si. Na representação da natureza da tarefa, estão incluídos as exigências e as condições para executá-la. Sobre que ponto de vista, utilizando qual instrumento, em que prazo temporal, qual a possibilidade de erro e que tipos de problemas que podem ocorrer durante a ação. Todos estes elementos, e mesmo outros tantos que não foram citados, fazem parte da representação das condições de execução da tarefa.

A representação da ação instrumentada também é construída, dentro do processo de execução da tarefa. No ato instrumental, a construção da representação participa da própria gênese instrumental. Na medida em que o sujeito realiza sua tarefa, ele pode identificar invariantes, os índices estáveis e pertinentes para a atividade. Neste sentido o sujeito estará criando uma representação de sua atividade, e que terá uma relação com o instrumentos e seus requisitos ou com o sujeito em si, como ator da atividade. A este quadro pode ser acrescentada a representação sobre o objeto, ao qual o sujeito dirige sua ação, e as transformações que o mesmo está sendo submetido. O objeto é a criação da representação gráfica de um elemento real. Neste nível, o conflito entre a forma percebida e a forma conhecida pode começar a influenciar também a formação das representações do indivíduo. Como se pode observar, são inúmeros os níveis que se pode identificar dentro da gama de representações que foram levantadas. O estudo de sua formação e de aspectos de seu funcionamento, permite explicar de que maneira a relação material com o aparelho desenvolvido, pode contribuir para o aprendizado das relações projetivas.

### **2.3.1.3 - A representação e a aprendizagem**

A representação é uma das estruturas cognitivas, cuja evolução interessa à formação da experiência. Isto devido a sua importância na conceptualização do real, principalmente na questão do aprendizado de técnicas de desenho de estruturas espaciais, uma vez que construir uma representação pode significar a organização de um conhecimento<sup>1</sup>. Para outros autores ela é mesmo confundida com a memória, podendo se distinguir a "representação imediata" da "representação de longo termo". Para Vergnaud, o conceito de representação é

---

<sup>1</sup> Ehrlih, S.(1985). *Les Représentations*, Armand Colin, Paris.



fundamental para analisar a formação dos conhecimentos operatórios e para analisar o processo de transmissão de conhecimento.

Em um processo de aprendizagem pela utilização de dispositivos de simulação, podemos fazer uma distinção entre dois tipos de representação, a representação local e a representação modelo. Na definição da representação local, ou circunstancial, encontramos uma construção visando à uma ação singular, em um momento particular. Ela é uma representação que pode significar o início de um processo evolutivo, que pode resultar na planificação e regulação da ação. As representações circunstanciais são o suporte, o objeto de tratamentos, que visam a extração dos invariantes (relativos à situação, às ações, a seus efeitos, etc.), a construção de regras, de procedimentos, de esquemas, etc<sup>1</sup>. Este tipo de representação tem o papel de abstração e de generalização, dois movimentos que devem conduzir à construção de representações modelos. Estas últimas são representações pertinentes para uma classe de situações, e assim para o aumento das possibilidades de ação sobre outras situações dentro da mesma classe.

Estes dois tipos de representação não são um modelo de evolução, ainda que as representações locais possam evoluir em representações modelos. Elas formam um modelo dinâmico em um processo de aprendizagem. As representações locais são úteis, em um processo de atualização das representações modelos, quando aplicadas sobre uma situação específica.

Sendo uma das estruturas cognitivas, referidas em Piaget, a evolução no grau de complexidade das representações são estimuladas pelas perturbações e desequilíbrios. A construção da estrutura do conhecimento vai depender da evolução e da estabilidade da representação. Para Weill-Fassina<sup>2</sup>, a estabilidade da representação vai depender do grau ao qual as respostas do indivíduo permite compensar, ou anular, as perturbações (a perturbação pode ser uma representação de dados espaciais).

Para este trabalho interessa que o aluno venha a construir a sua representação (uma vez que ela é individual), do mecanismo da projetividade e seja capaz de fazer o caminho recíproco (compor e recompor o elemento dentro do espaço

---

<sup>1</sup> Weill-Fassina, Rabardel e Dubois (1993) *Representation pour l'action*, Octares, Toulouse.

<sup>2</sup> Weill-Fassina, A. (1980) *Representation de Donnees Spatiales Symbolisees: La Lecture des Intermediaires Graphiques en Situation de travail et D'Apprentissage professionnel*. Laboratoire de Psychologie du Travail, Paris.

projetivo). Em se tratando de uma representação mental de uma técnica de representação gráfica o estudo desta estrutura, sua construção e o seu grau de estabilidade fornecerão subsídios para a condução de estratégias pedagógicas, que privilegiam a formação de conceitos ou esquemas referentes ao espaço projetivo.

Para finalizar, a representação é definida como uma estrutura de conhecimento, que pode ser concreta (um desenho, um texto) ou abstrata, geral ou particular, dependendo da situação. Devido ao seu papel nos diversos domínios do conhecimento, ela pode ser considerada de diversas formas diferentes. Em seu artigo de abertura do caderno de Psicologia Francesa, dedicado às representações, Ehrlich conclui:

*a representação é como a meteorologia (...) ela é fonte de esperança e de algumas satisfações. Ela presta um serviço sem ser verdadeiramente confiável. Pressente-se vagamente como ela se constrói. Não se pode ver como ela funciona e estamos quase certos de que ela existe verdadeiramente <sup>1</sup>.*

#### **2.3.1.4 - A noção de esquema**

Ligada à parte significado da representação, o esquema é uma estrutura que permite a interrogação do real e a interpretação dos resultados da ação, de forma a integrá-los em sua estrutura. Um esquema é uma totalidade dinâmica organizada<sup>2</sup>. A importância dada ao aspecto *significado* da representação, torna fundamental o papel do esquema da construção da mesma. O esquema é uma organização ativa da experiência, que integra o resultado de experiências passadas. Ele é uma estrutura que possui sua história e que se transforma à medida em que ele se adapta às situações e dados, os mais variados<sup>3</sup>. Os dois aspectos mais importantes do ponto de vista de nosso estudo são a dinâmica do esquema e sua capacidade de integrar a experiência. O esquema é dinâmico pois ele interage com a ação, ou experiência. Uma vez constituídos, os esquemas permitem traçar objetivos na ação, eles significam mesmo os meios desta ação e eles integram em si o resultado das mesmas. Os novos objetos são assimilados à sua estrutura por similaridade. Os

<sup>1</sup> Ehrlich, S. (1985). *Les Représentations*, opus. cit., p. 229.

<sup>2</sup> Vergnaud, G. (1985) Concepts et schèmes dans une théorie opératoire de la représentation, in: *Les représentations*, opus. cit., p. 250.

<sup>3</sup> Rabardel, P. (1995) *Les hommes et les technologies*, opus. cit., p. 100.

esquemas podem também se acomodar à realidade exterior, quando eles encontram uma dificuldade de assimilação de um novo objeto à sua estrutura.

Para o estudo da estrutura do esquema, Vergnaud propõe quatro categorias de elementos: os invariantes operatórios, as inferências ou cálculos, as regras de ação e as previsões ou expectativas. Praticamente todas estas categorias de elementos fazem parte do modelo que ele propõe (figura 12) e que explica o funcionamento da representação. Isso significa que o esquema pode ser a melhor unidade que se pode escolher para o estudo da representação. Para que um esquema seja acionado, deve-se partir de um objetivo, um esquema visa a resolver uma situação. Nesta situação o esquema, ou sua regra de ação, servirá para que o sujeito possa fazer suas previsões, baseadas em suas inferências ou cálculos. Mas destes elementos do esquema, aquele que representa o núcleo da representação é o invariante operatório. São os invariantes operatórios que irão determinar as inferências, serão eles que determinaram que regras de ação adotar e que resultados esperar. Na leitura do resultado de uma ação, são os invariantes operatórios que serão requestionados, de forma a assimilar os efeitos obtidos.

O esquema é a estrutura responsável pela organização do comportamento do indivíduo, a partir da identificação de objetos, de propriedades e de relações existentes no domínio do real. Esta seleção provém de uma escolha individual do sujeito, tendo como base seus próprios esquemas. Restrito a uma escolha individual, a identificação de invariantes operatórios pode se revelar falsa, sem que sua incompatibilidade com outros esquemas, ou com uma classe de esquemas, seja de fácil identificação.

Três tipos de invariantes operatórios podem ser identificados<sup>1</sup>:

- Os invariantes de tipo proposição: susceptíveis de serem verdadeiros ou falsos (Vergnaud inclui neste tipo os teoremas ou conceitos em ato);
- Os invariantes de tipo função proposicional: nem verdadeiro, nem falsos, eles são os elementos indispensáveis à construção de proposições. Eles são construídos na ação, são os conceitos em ato ou as categorias em ato (ex.: conceito de estado inicial, de transformação, de relação quantificada);

---

<sup>1</sup> Vergnaud, G. (1990) La théorie des champs conceptuels, in: Recherches en Didactique des Mathématiques, opus. cit.

- Os invariantes de tipo argumento que instanciam as funções proposicionais em proposição.

O esquema não pode ser considerado como um elemento estereotipado, mas uma função temporal que se baseia sobre argumentos, que permitem gerenciar diferentes seqüências de ação e a tomada de informação, em função das variáveis da situação. O interesse de seu estudo no âmbito deste trabalho concerne à possibilidade de identificação de características das situações, que são levadas em consideração pelo sujeito, seja em situações familiares onde os invariantes já foram construídos, ou em situações novas, onde os invariantes se encontram em fase de construção.

Para Piaget, os esquemas são um ponto de partida para a formação dos conceitos. O processo de tomada de consciência se faz a partir dos observáveis sobre o objeto da ação, ou pela análise do resultado desta ação. Esta análise fornece ao sujeito o essencial das informações sobre o objeto e pouco a pouco as explicações causais de seu comportamento. Para ele, a ação representa um saber autônomo de considerável poder, que constitui a fonte da compreensão, ainda que o saber da ação seja apenas um conhecimento prático e não conhecimento consciente, no sentido da compreensão contextualizada<sup>1</sup>.

### **2.3.2 - Conteúdos do conhecimento**

O estudo do conhecimento, sua estrutura, seu funcionamento e sua forma de construção, exigiria uma análise epistemológica profunda, que oferece inúmeros caminhos. As linhas gerais destas teorias nos permite distinguir os conhecimentos que concernem aos conteúdos (ligados aos conceitos), daqueles que concernem os procedimentos (ligados à prática). Esta distinção recoloca em evidência a tênue distinção entre conhecimento declarativo e conhecimento procedural. Ainda que o objeto de cada um deles seja evidentemente distinto, a questão de fundo, para o estudo da cognição, reside sobre o grau de operacionalidade dos conhecimentos. Certas discussões sobre este grau de operacionalidade podem ser encontradas em

---

<sup>1</sup> Piaget, J. Citado por Rabardel, P. (1995). *Les Hommes et le technologies*, opus cit.

autores que estudam o conceito de competência que, em linhas gerais, analisa a capacidade do indivíduo de colocar em ação os conhecimentos que ele dispõe<sup>1</sup>.

### **2.3.2.1 - O conceito e sua estrutura**

O estudo da formação dos conceitos foi abordado por Vygotsky<sup>2</sup>, tendo como área de estudo o domínio da linguagem. Ele apresenta os signos como um meio básico para dominar e construir aquilo que ele chamou de funções psíquicas superiores. Ele lhe confere o papel de mediador, sendo incorporado às estruturas como uma parte indispensável, e considerando-o mesmo como a parte central do processo total. Na formação dos conceitos, estes signos são as palavras que primeiramente tem um papel na formação dos conceitos e finalmente se tornam seu símbolo. Assim, os primeiros conceitos apreendidos podem ser designados por palavras, já que elas fazem parte da comunicação formal. Até uma certa época é mesmo possível verificar a aquisição de palavras de forma paralela à aquisição de conceitos.

Esta abordagem, feita para o estudo da linguagem, encontra em outros autores sua similaridade. Segundo Tolstoï<sup>3</sup>, a criança se apropria dos conceitos de palavras desconhecidas, na medida em que ela as identifica em frases cujo sentido global é entendido. Quando ela faz uso da mesma ela apropriou seu conceito. Para Piaget<sup>4</sup>, o melhor meio de aquisição de conceitos, como forma de estabelecer uma representação e construir o conhecimento, é através de ensaio, de interferência, de verificação, de indução enquanto dedução aplicada à experimentação. A partir destes pontos de vista, podemos julgar da importância que é dada à experiência vivencial na construção de conceitos. O conceito construído pelo próprio indivíduo lhe pertence, ao passo que a apresentação de conceitos prontos e acabados, com vistas à sua aquisição, pode resultar ineficaz.

A pesquisa de dispositivos de experimentação, visando a permitir a ação do aprendiz sobre o espaço de trabalho, tem sido objeto de inúmeros estudos. Para a estruturação de um conceito não basta, porém, a experimentação. Segundo

---

<sup>1</sup> E mesmo os conhecimentos de outros, que o sujeito identifica como úteis para a solução de um problema.

<sup>2</sup> Vygotsky, L. S. (1932). *Pensamento e Linguagem*, Coleção Psicologia e Pedagogia, Livraria Martins Fontes Editora Ltda, São Paulo, 1991.

<sup>3</sup> Tolstoï, citado por Vygotsky, L. S. (1932), Ibidem., p. 72.

<sup>4</sup> Piaget e Inhelder (1948) *La Représentation de L'espace Chez L'enfant*. PUF, Paris.

Vergnaud<sup>1</sup>, é preciso um triplo apoio para que seja estabelecido um conceito: a situação, os invariantes e os significantes.

A situação é o domínio ao qual deve estar vinculado o conceito. Isto porque ele pode sofrer uma modificação, de acordo com o meio onde é utilizado. O conceito de **nota**, na situação escolar, é entendido como avaliação, no domínio da música refere-se a um acorde, na imprensa um pequeno texto. Por outro lado, a definição de situação também deve contemplar o uso do conceito dentro do seu domínio. Porque é necessária a representação gráfica do espaço? Qual a aplicação da interseção de planos? Como certos problemas podem ser facilmente resolvidos, ao se fazer uso deste conceito? Esta referência à situação serve para permitir que o aluno possa encontrar uma estrutura própria, que se fará evoluir pela aquisição do conceito. Neste sentido, a definição da situação deve ser o princípio da construção do conceito, enquanto forma de desenvolvimento de estruturas mais e mais complexas. As simulações propostas pelos diversos autores, e que será analisada neste trabalho, introduzem o aluno em uma situação. Ainda que ela seja local e específica, a situação de simulação visa à criação de uma representação local que pode ser a origem de representações modelos, cuja abrangência atinge uma classe de situações.

O núcleo do conceito está nos invariantes, uma característica constante segundo a qual podem ser feitas as antecipações. A sua identificação resulta da descoberta individual em ação. Os invariantes dos conceitos são as regras, ou os efeitos de determinada ação. O reconhecimento dos invariantes do conceito permite a identificação de sua propriedade, uma relação ao conjunto de relações que irão integrar um modelo conceitual. No que se refere à representação gráfica do espaço, os conceitos que envolvem a projetividade apresentam seus invariantes. Estes podem ser inferidos através de ações do sujeito e da análise dos efeitos destas ações. Para isso a experiência é necessária, agindo sobre o mecanismo de forma a analisar seu efeito, fazendo assim evoluir sua representação. A identificação dos invariantes deve ser viabilizada, estimulada pela concepção de situações, mas executada de forma individual.

---

<sup>1</sup> Vergnaud, G. (1990) La théorie des champs conceptuels. In: Recherches en didactique des mathématiques, opus. cit.

Os significantes do conceito são ligados à necessidade de sua expressão. Eles representam a definição dos símbolos, linguagem ou esquemas, que serão adequados para a representação, compreensão e transmissão de um conceito. No exemplo do conceito de **nota**: no meio escolar ela pode utilizar os números (10, 6/10, 70/100) ou mesmo letras (I=Insuficiente, A=10 a 9...), no meio musical estará sujeito a outro conjunto de símbolos (&, #...) e na imprensa será usada a linguagem natural. No desenho técnico se faz uso de convenções, que devem ser compreendidas para que se possa ler e expressar o conceito construído. Os significantes podem designar os invariantes, acompanhar as interferências ou previsões, explicitar regras de ação. Porém nem todas as operações realizadas no plano do significado referem-se às manipulações simbólicas.

### **2.3.2.2 - A construção e a transformação de conceitos**

Assim como a representação pode apresentar diversas formas de acordo com o nível que ela atinge, existem também diversos níveis de conceitos, se analisarmos seu conteúdo com relação ao campo conceptual onde ele é empregado. Estes diferentes níveis indicam o nível de evolução do conceito ou a estabilidade de seus invariantes. Piaget faz referência à história de formação dos conceitos, quando define os três patamares evolutivos da construção dos esquemas. Vygotsky dedica um capítulo inteiro de sua obra, *Pensamento e Linguagem*, à gênese do conceito, e um segundo capítulo ao estudo das possíveis distinções entre os conceitos cotidianos e os conceitos científicos.

Vergnaud trata a gênese do conceito a partir de sua teoria dos campos conceituais<sup>1</sup>. Ele identifica a origem dos conceitos na forma de teoremas ou conceitos em ato. Os conceitos em ato são aqueles que podem ser identificados em uma ação executada pelo sujeito, mas que o mesmo não é capaz de verbalizar. Eles contém os invariantes operatórios, mas ainda não passaram por um processo de tomada de consciência e assim, eles não podem ser formalizados, ainda que sejam operacionais. Os conceitos em ato podem ser verdadeiros ou falsos, uma vez que a identificação do invariante, sendo feita de forma individual, pode ter passado por uma falsa interpretação dos efeitos da ação.

---

<sup>1</sup> Vergnaud, G. (1990) *La théorie des champs conceptuels*, in: *Recherche en Didactique des mathématiques*, opus. cit.

Em sua máxima evolução, o conceito pode adquirir a forma de um conceito científico, e neste caso, ele não apenas se torna consciente, mas ele ultrapassa o limite do individual. Um conceito científico, é um conceito social de características abstratas e que se aplica a um domínio de propriedades do real. A construção de conceitos científicos é uma construção histórica, que implica a evolução da própria ciência. Sua transmissão em termos de ensino, passa pela apreensão de seus invariantes operatórios, de forma deliberada. A experimentação de seus efeitos através da ação pode ser adotada como uma forma de verificação, ou como uma estratégia pedagógica de criação de situação.

Existem, porém, algumas formas intermediárias, como os conceitos pragmáticos<sup>1</sup>. Aplicados, principalmente, ao campo das atividades profissionais, os conceitos pragmáticos são verbalizáveis e mesmo podem integrar manuais de referência de certas profissões. Eles integram a noção de *saber de referência*, que implica um conjunto de competências e de estratégias eficazes, utilizadas no trabalho. Os conceitos pragmáticos são as unidades operacionais que organizam e constituem este saber de referência. Os conceitos pragmáticos executam uma função dupla: por um lado eles organizam a ação eficaz, permitindo uma forte vinculação entre a tomada de informação feita pelo sujeito e a operação que ele executa, por outro lado, eles permitem a estruturação da representação funcional do sujeito, destacando as relações essenciais existentes entre as variáveis da situação.

A noção de conceito pragmático, intermediário entre os conceitos em ato e os conceitos científicos, contempla todo um conjunto de atividades que envolvem o trabalho. A classe de situações que os mesmos atingem é mais restrita que aquela dos conceitos científicos, porém, mais ampla que a dos conceitos em ato. Podemos encontrar ainda os conceitos e saberes técnicos que são intermediários, entre os conceitos pragmáticos e os conceitos científicos. Eles são o resultado de uma sistematização dos conceitos pragmáticos, que lhe confere uma coerência e uma pertinência, para um domínio de ação. Eles são também o resultado de uma construção social, semelhante àquela dos conceitos científicos, e assim, sua aquisição a nível do sujeito requer um processo de formação.

### **2.3.2.3 - A formação de conceitos no espaço projetivo**

---

<sup>1</sup> Samurçay, R., Pastré, P. (1995) La conceptualisation des situations de travail dans la formation des compétences, in: Education Permanente, n. 123-2. Paris.



No âmbito do espaço projetivo e sua técnica de representação, a formação dos conceitos por meio de experimentação requer um esforço em termos de engenharia didática, para que seja possível a reprodução do ambiente projetivo, de forma a permitir a ação sobre os mecanismos geométricos. Os elementos conceituais, em princípio abstratos<sup>1</sup>, seriam então simulados através de aparelhos, como é o caso do perspectógrafo, que representem os mecanismos utilizados, de forma que o aluno possa experimentá-los e assim construir seu repertório de invariantes.

Em seus experimentos, Piaget utilizou um foco de luz e a projeção de sombras para investigar a construção da representação do espaço na criança<sup>2</sup>. A simulação que ele fez se refere ao sistema de projeções cônicas. A partir desta proposta de simulação outros trabalhos foram também realizados, como é o caso da « progressão didática », proposta por Georges e Higele<sup>3</sup>. Trata-se de um conjunto de exercícios, em espaço projetivo, que são executados com a ajuda de um dispositivo semelhante àquele construído por Piaget, com a particularidade de abstração do ponto de origem da luz. Os autores propõem que o foco luminoso seja considerado a uma distância infinita do objeto analisado, para que se possa considerar os raios luminosos como um feixe paralelo e não convergente. Assim, o trabalho visa a se restringir ao domínio das projeções cilíndricas.

Nesta proposta o papel do instrumento é de representação do ambiente de estudo. Não existe uma ação direta do aluno sobre o mesmo. A relação que existe é aquela da leitura dos efeitos do foco luminoso, projetado sobre diferentes figuras geométricas. A engenharia didática visa a incentivar a evolução dos invariantes operatórios dos alunos, naquilo que se refere às projeções, partindo de figuras simples e evoluindo para figuras complexas. A verificação dos efeitos sobre o instrumento só é efetiva nos primeiros passos da progressão, e mesmo assim, ela requer uma abstração das linhas de projeção representadas pelos raios luminosos. Uma vez que a fonte luminosa é real, ela representa um centro de convergência, o que determinaria um sistema de projeção cônica. Porém, os autores propõem que se considere a fonte luminosa situada a uma distância infinita, para poder trabalhar com as projeções cilíndricas. Isso significa uma limitação da área de atuação da

---

<sup>1</sup> A reta, dentro da geometria, é definida como unidimensional e o lugar do espaço de uma sucessão de pontos. Em termos de simulação podemos representá-la por um lápis ou um filete, mas estes são elementos tridimensionais que requerem uma associação representativa com o conceito geométrico.

<sup>2</sup> Piaget e Inhelder (1948). *La Représentation de L'espace Chez L'enfant*, opus cit.

<sup>3</sup> Georges, Y. e Higele, P. (1990), *Ateliers de dessin technique*, opus. cit.

simulação instrumental proposta e uma incorporação de uma componente abstrata (o conceito do infinito), na definição da situação.

Adotando o processo da engenharia didática, outros dispositivos foram também desenvolvidos, mas para o uso específico das projeções cônicas. Bautier<sup>1</sup> reconstruiu um dos dispositivos de Dürer, para a análise das deformações perspectivas de um ponto de vista matemático. Ele propôs a seus alunos a execução de uma perspectiva de um sólido geométrico, sobre o quadro de referência do aparelho. A relação com o instrumento passa, neste caso, pela produção de um desenho através de uma ação direta. No entanto, os invariantes que ele deseja construir serão expressos através de um sistema de significantes matemáticos. Seu objetivo era a identificação, feita pelos alunos, de equações que modelizassem as deformações perspectivas. Neste sentido, as suas críticas à baixa precisão obtida na ação se mostram pertinentes, uma vez que na ação de produção inúmeros fatores irão interferir de maneira incontornável na precisão. Esta baixa precisão tornará extremamente difícil a interpretação matemática das deformações, fazendo com que as conclusões do estudo apontem para a um julgamento do aparelho como um instrumento inadequado para este tipo de ensino.

Colmez, Parzysz e Thomas<sup>2</sup> adotaram também, em sua engenharia, uma das « janelas de Dürer », para o ensino da geometria do espaço. A hipótese principal da pesquisa realizada considera que o recurso às maquetes é inevitável, sempre que a situação espacial se torna um pouco mais complexa, ainda que o uso da maquete acabe por reduzir a necessidade dos conhecimentos que se deseja ensinar. Os autores consideram necessário que as situações-problemas propostas aos alunos sejam solucionadas parcialmente através da ação com as maquetes. A solução final só deve porém ser obtida à partir do emprego dos conhecimentos que se deseja ensinar (regras da geometria), que intervêm enquanto ferramenta, antes de se tornar um objeto de estudo e de ser institucionalizado. O processo de institucionalização que utilizam os autores indica uma formulação em termos de conceitos técnicos dos invariantes, identificados ao longo da ação com o instrumento. Este processo é conduzido pelos professores, com a ajuda das interpretações dos alunos, com relação aos efeitos perspectivais em questão.

---

<sup>1</sup> Bautier, T. (1987), Etude didactique de l'introduction à l'apprentissage de la perspective conique, in: *Le dessin Technique*, Hermes, Paris.

<sup>2</sup> Colmez, F. Parzysz, B. Thomas, C. (1992), Enseignement de la géométrie dans l'espace en BTS d'arts appliqués, in: *Repères - IREM*, n.9, Paris.

As conclusões tecidas a partir do resultado das pesquisas não são porém precisas. Elas nos indicam as impressões positivas que os pesquisadores obtiveram da adoção das seqüências didáticas, onde os aparelhos participam da dinâmica. Se analisarmos a conduta adotada, podemos identificar fases distintas no processo de construção dos conceitos previstas na engenharia didática. Primeiramente, a situação-problema que define um campo de trabalho, seguido pela apresentação do aparelho que permite uma investigação por tentativas, sem a necessidade de acionar conhecimentos anteriores. Nesta segunda fase podemos identificar um processo de construção de conceitos em ato. Estes conceitos são colocados em discussão nas fases chamadas de institucionalização. Nesta fase o professor interfere na condução da explicitação dos invariantes identificados, como forma de contribuir para a formação de conceitos e conhecimentos técnicos.

Ferenczi<sup>1</sup> utiliza imagens animadas para analisar as aquisições em termos de percepção do espaço projetivo. Em seu trabalho, o objetivo principal é a educação da percepção e ela é incentivada pelo uso de um filme concebido exclusivamente para este fim. A particularidade do trabalho de Ferenczi está ligada ao seu público, constituído exclusivamente de africanos, pouco ou nada escolarizados. As noções abordadas no filme concernem às relações entre pontos de vista e objetos, e como esta relação pode determinar uma diferença na forma percebida. As possíveis influências culturais na constituição da estratégia perceptiva é um ponto de abordagem obrigatório, visto o público escolhido. O autor faz uso do cinema como um instrumento de ilustração dos efeitos que ele deseja colocar em evidência. Em suas análises, a relação com este instrumento passa pela opção sonora e lingüística (seu público não dominando a língua francesa), pela avaliação da desinibição face à obscuridade da sala de projeção e pela atenção que o filme parece manter junto ao alunos. Ainda que o objeto da pesquisa seja bem mais abrangente que o ensino da perspectiva, o exemplo de seu trabalho contribui para o conjunto de experiências realizadas para o estudo da construção de conceitos no espaço projetivo.

#### **2.3.2.4 - O conhecimento procedural**

A revisão que acabamos de fazer sobre os conhecimentos contempla a parte conceptual dos mesmo, ou o conhecimento declarativo. Eles comportam um

conhecimento que não se relaciona diretamente à ação concreta, seu conteúdo é bastante genérico mas não se traduz necessariamente por ações práticas. Seria o caso do conhecimento do conceito de *centro de gravidade*, que não implica, necessariamente, na capacidade de organização de uma pilha mantendo a estabilidade de seus elementos<sup>2</sup>.

Paralelo a este tipo de conhecimento existe um outro, que é ligado à condução da atividade ou aos procedimentos em ação, ele recebe o nome de conhecimento procedural. Ainda que diversos autores cite estes dois tipos de conhecimentos como sendo de características opostas, um ligado à teoria e o outro à prática, tal distinção oculta os graus intermediários entre os dois extremos. A dimensão a ser discutida se refere aos graus de operacionalidade do conhecimento<sup>3</sup>. Nesta aplicabilidade serão incorporados as condicionantes da situação a ser tratada. Em um conceito científico, como o do *centro de gravidade*, sua validade se estende a todo um domínio de situações. Na medida em que este conceito venha a ser necessário para a execução de uma tarefa, empilhamento de sacas, as particularidades da situação entram em jogo. As estratégias utilizadas para o empilhamento de sacas não serão as mesmas utilizadas para o empilhamento de caixas, ainda que o conceito científico em questão seja o mesmo.

Os conhecimentos procedurais incorporam as condicionantes da situação e colocam em ação os conhecimentos pertinentes, para atingir o objetivo desejado. Eles podem ser definidos como um sistema de operações executáveis para realizar uma tarefa, dentre elas, Hoc distingue as transformações, as identificações e a seleção de operações. As transformações são operações que visam a transformar os estados para se aproximar do objetivo. A identificação visa a privilegiar uma propriedade pertinente do ambiente, para escolher a operação adaptada à situação local. Enfim, um procedimento comporta uma seleção de operações a serem utilizadas após uma operação precedente.

Uma dimensão importante na análise dos procedimentos é a competência para executar as transformações, para escolher o índice pertinente em um processo de

---

<sup>1</sup> Ferenczi, V. (1966), *La perception de l'espace projectif*, Didier, Paris.

<sup>2</sup> Samurçay, R., Pastré, P. (1995) La conceptualisation des situations de travail dans la formation des compétences, in: Education Permanente, opus cit.

<sup>3</sup> Hoc, J.-F. (1990) La connaissance concernant les procedures, in: Traité de psychologie cognitive 2, Dunod, Paris, p.46.

identificação e, enfim, para escolher a operação adequada para atingir o objetivo desejado. Ainda que os conhecimentos declarativos não estejam em foco neste tipo de estrutura, eles representam a base dos procedimentos. Podemos identificar os graus de operacionalidade dos conhecimentos, que permitiram um procedimento eficaz nas noções aqui apresentadas de conceito em ato, conceito pragmático e conceito científico, onde as situações variam entre uma situação local, uma classe de situações e um domínio de situações.

### **2.3.3 - A aquisição de conhecimentos**

Considerando a opção feita por um quadro teórico construtivista, a noção de conhecimento foge à idéia de justaposição ou acumulação das aquisições. Um conhecimento adquirido não vai se colocar ao lado de um outro já existente no indivíduo. Uma aquisição de conhecimento vai fazer com que aquele já existente se transforme, seja pela eliminação de uma regra ou uma restrição, anteriormente ativa, ou pela substituição de um procedimento cuja validade é limitada por um outro de atuação mais geral<sup>1</sup>. Outra forma de intervenção de um novo conhecimento sobre a estrutura do mesmo, no indivíduo, é a diferenciação. Ela intervém quando uma noção única passa a ser vista segundo duas noções diferentes. Seria o caso de uma superfície (noção única inicial), que pode ser definida pela sua área ou pelo seu perímetro (duas noções que irão diferenciar a noção inicial). Inversamente à diferenciação, um novo conhecimento pode promover a integração de dois outros conhecimentos anteriormente distintos em uma noção comum. Um exemplo levantado por Piaget é das noções de velocidade angular e velocidade linear, que se relacionam à uma mesma noção de velocidade como quantidade de movimento por unidade de tempo.

A origem da aquisição do conhecimento, segundo as teorias construtivistas, está no equilíbrio do sistema cognitivo do sujeito. Quando um estímulo provoca a ruptura deste equilíbrio, o sujeito se vê obrigado a reagir em um esforço de para restabelecê-lo. Neste esforço ele vai fazer uma busca em seus esquemas, no sentido de encontrar um esquema que seja capaz de assimilar o novo estímulo ou,

---

<sup>1</sup> Georges, C. (1990) Acquisition des connaissances, in: Traité de psychologie cognitive 2, Dunod, Paris.

caso a assimilação não seja possível, um esquema deverá se acomodar à nova informação.

A construção de conhecimentos se baseia nestes dois movimentos, assimilação ou acomodação, mas ela se completa pela expansão ou generalização das situações locais, onde o conhecimento foi construído, em classe de situações onde o conhecimento pode ser aplicado. Esta generalização, tida também como um processo de abstração, faz com que um conhecimento se torne operacional, de maneira a integrar um repertório à disposição do indivíduo no tratamento de problemas. Na concepção de Meirieu<sup>1</sup>, o conhecimento é construído a partir de uma interação entre uma fase de identificação (existe um martelo no atelier), seguida da construção de sua significação (para que serve um martelo) para terminar em sua utilização (uso da ferramenta). A fase de utilização é enfim aquela que valida o conhecimento adquirido e que o integra ao sistema do indivíduo, evoluindo de sua forma local para uma aplicabilidade mais geral.

### **2.3.3.1 - As formas de aprendizagem**

Considerando os tipos de interação entre o indivíduo e seu ambiente, Georges<sup>2</sup> propõe duas formas principais (porém não exclusivas) de aprendizagem: a aprendizagem pela ação e a aprendizagem através de tutores. No primeiro caso, ele coloca em evidência a importância da resposta ou da leitura do resultado de uma ação sobre um objeto que ele chamou de *feed-back*. Ele corresponde aos efeitos das ações do sujeito que Vergnaud contempla no esquema da figura 12. O resultado destas leituras podem determinar uma interpretação em termos de sucesso, ou fracasso, mas podem também gerar formas de organização do conhecimento mais complexas, como a comparação entre efeitos, a previsão e mesmo a identificação de contradições entre eles. A opção desta forma de aprendizagem como estratégia de ensino implica necessariamente em um controle, externo ao sujeito, das aquisições individuais. Isto porque a ação é individual e as construções que ela implica também o são. Assim as interpretações podem contemplar efeitos secundários de uma ação deixando à margem outros mais relevantes, para a aquisição de um conteúdo específico de um campo do conhecimento.

---

<sup>1</sup> Meirieu, P. (1987) *Apprendre... oui, mais comment?*, ESF editeur, Paris.

<sup>2</sup> Georges, C. (1990) *Acquisition des connaissances*, in: *Traité de psychologie cognitive*, opus. cit.

Na aprendizagem através de tutores, este último não significa necessariamente a existência de um indivíduo, no sentido de um professor. Ela envolve todas as formas de aprendizado, que podem ser desenvolvidas à partir da compreensão de conteúdos. Assim a leitura e a interpretação de um texto pode ser considerada como uma aprendizagem tutorial, ainda que neste momento sejamos obrigados a considerar a influência dos conhecimentos anteriores e os objetivos do indivíduo na leitura do texto, para analisar o resultado de sua compreensão e aprendizagem.

Outra dimensão importante a ser considerada num processo de aprendizagem é a performance ou o comportamento efetivo do aluno face à tarefa que ele deve realizar. Esta noção nos faz retornar à questão relativa à operacionalidade do conhecimento, ou ao domínio do conhecimento procedural. Uma defasagem entre os tipos de conhecimento, declarativo e procedural, pode ser observada a partir da diferença entre aquilo que o aluno sabe, ou seus conhecimentos verbalizáveis, e aquilo que ele efetivamente faz ou sua performance.

#### **2.3.3.2 - Aquisição de conhecimentos em perspectiva**

O domínio da perspectiva comporta os dois tipos de conhecimentos que acabamos de definir, declarativo e procedural. Os cinco critérios destacados por Guillermain (p. 14) levam em consideração uma série de conceitos declarativos fundamentais para a construção de conhecimento em perspectiva. Mas, na análise dos próprios resultados que ele obteve em sua pesquisa, podemos confirmar a distância que os mesmos apresentam de uma aplicação em ação. A utilização destes critérios foi verificada em atividades de reconhecimento de representações gráficas, mas eles não são menos eficazes na produção de um desenho. Assim, pode-se verificar a vocação teórica e geral dos conhecimentos declarativos.

A limitação de seu uso esta na sua aplicabilidade. Usando como exemplo a aplicação do quarto critério - as paralelas convergem - encontramos uma dificuldade para determinar em que ponto estas paralelas devem convergir, e que relação o ponto de convergência guarda com a posição do olho do observador. As informações que faltam para tornar este critério aplicável, se encontra sob forma de procedimentos, e assim mais próximas da ação de produção do desenho que de sua leitura.

No que se refere aos conhecimentos procedurais, pode-se analisar o trabalho de um desenhista em ação de execução de uma perspectiva. Em seu trabalho ele busca informações, seja na planta baixa do elemento a ser representado, seja nas informações numéricas, que são fornecidas como complemento ou em outras fontes que ele julgue pertinentes. No caso de uma verbalização de sua estratégia, ele contempla as fases sucessivas que contribuíram para a determinação da forma perspectiva, sem fazer nenhuma referência a conceitos, como o de linha do horizonte, ponto de fuga ou altura do observador. O desenhista pode mesmo executar sua ação sem mesmo estar consciente destes conceitos, ainda que os mesmo estejam implícitos em seu trabalho.

A limitação do conhecimento que ele dispõe está no seu campo de atuação. O desenhista em questão domina seu campo de atuação, mas pode-se questionar se este conhecimento poderá resistir a uma mudança de situação. Consideremos o exemplo de execução de uma perspectiva, onde o observador se encontra a dois metros acima do objeto observado. Neste caso, a linha de terra ocupará a parte inferior da zona de trabalho do desenhista, enquanto a linha do horizonte se situará na parte de cima. Esta é uma situação estereotipada e a mais freqüente na produção de perspectivas. No entanto podemos avaliar a mudança que irá implicar a inversão das alturas, em uma situação em que o observador se encontre abaixo do nível do solo. O efeito em termos de zona de trabalho é a inversão das posições das linhas de terra (agora situada na parte superior da folha), e da linha de horizonte (situada na parte de baixo). A inversão de posições das linhas só pode ser identificada, neste caso, pelo uso dos conceitos teóricos que regem a relação entre observador e objeto observado. Para que a mudança de situação seja refletida em uma inversão na posição das duas linhas sobre o desenho, é necessário um domínio conceptual das noções em questão. Os conhecimentos procedurais são relativos a uma situação, a possibilidade de validação destes conhecimentos, em uma classe de situações, passa pelo apoio dos conhecimentos teóricos, ditos declarativos.

No que se refere ao ensino de perspectiva, a distinção dos tipos de conhecimentos é necessária, como forma de questionamento. De um lado podemos considerar a capacidade de reconhecimentos de uma perspectiva mal executada, neste sentido, o sistema ótico humano fornece as referências necessárias, e para tanto, a



formação é mesmo dispensável. Ao considerar-se uma formação, os conceitos teóricos podem ser privilegiados, uma vez que eles são necessários ao domínio do conteúdo, mas não suficientes para o desempenho de uma tarefa de execução. No caso de se contemplar a ação, uma série de procedimentos, ou mesmo de receitas, permitem uma execução rápida de resultado satisfatório. Porém neste caso o campo de validade se revela limitado. Sem que seja possível se decidir por uma forma ou outra de conhecimento, identificamos a aplicabilidade dos conceitos teóricos através do conhecimento procedural e a possibilidade de generalização de estratégias eficazes através do conhecimento declarativo. E por fim a noção de competência se faz necessária, pois é ela que pode tornar o indivíduo capaz de administrar seus conhecimentos, de forma a escolher aquele que é adequado para a solução de uma situação problema.

## **2.4 - A ótica da didática**

As duas primeiras óticas avaliadas neste capítulo levam em consideração, de um lado, a concepção de um instrumento, e de outro, a estruturação do conhecimento. Considerando porém o objetivo deste estudo incorporando assim à engenharia didática, que visa a introdução de instrumentos em situações de ensino, introduziremos uma terceira ótica que torne possível a análise da integração do instrumento nestas situações. Neste sentido, optou-se pela abordagem da didática de disciplinas, devido à sua vocação, voltada ao gerenciamento das situações de ensino. Abordaremos inicialmente a formulação do conteúdo de uma disciplina, apoiada na teoria de transposição didática, levantaremos em seguida os aspectos pertinentes da engenharia didática no gerenciamento das situações de ensino, cujo modelo será examinado.

### **2.4.1 - A transposição didática e a transformação do saber**

A teoria de transposição didática tal como ela foi definida por Chevallard<sup>1</sup>, comporta uma análise minuciosa das diferentes etapas de construção de uma disciplina, objeto de um ensino. Ele a define como sendo: o trabalho de, a partir de um objeto do saber à ensinar, criar um objeto de ensino. A definição inicial do objeto a ensinar

parte de um saber de social, também considerado como um saber de referência<sup>2</sup>. Este saber que ocupa a origem de um processo de transposição didática vai sofrer inúmeras transformações até adquirir o estatuto de saber a ser ensinado. Quatro constantes identificam o trabalho de transposição didática<sup>3</sup>: primeiramente um trabalho de supressão de características históricas, que envolvem a emergência do saber (desincretização), um segundo esforço é o de suprimir todo e qualquer caráter pessoal, que envolveram a identificação dos conteúdos do saber (despersonalização). Um terceiro esforço consiste em tornar o saber programável e divisível, de forma a integrar uma dinâmica de ensino formal (programabilidade). Finalmente, quanto à transmissão do saber, uma quarta constante identificada, consiste na definição explícita, em compreensão e em extensão, do saber a ser transmitido, assim como controle de sua aquisição (publicidade).

Segundo Chevallard, o emprego destas quatro constantes pode ser verificado no trabalho de concepção de programas, que darão as direções gerais do ensino de uma disciplina. Develay propõe, porém, a introdução de uma outra origem, as práticas sociais de referência, que se acrescenta àquela do saber de referência, para a formulação dos conteúdos do saber a serem ensinados. Ele inclui nas práticas sociais de referência, no sentido definido por Martinand<sup>4</sup>, as atividades sociais diversas (de pesquisa, de produção, de engenharia didática mas também atividades domésticas e culturais), podendo servir de referência às atividades escolares, e a partir das quais serão examinados, no seio de uma dada disciplina: O objeto de trabalho, o problema que se deseja abordar, as atitudes e o papel social da atividade, os instrumentos materiais e intelectuais correspondentes e o saber produzido na atividade e que permite responder ao problema estudado.

É inegável, porém, que no trabalho de estruturação do saber a ser ensinado vai existir os reducionismos sugeridos, de uma forma crítica, por Chevallard, através das quatro constantes levantadas em sua análise. Develay evoca como exemplo a introdução da ecologia no programa de biologia, como resposta à uma demanda social, preocupada com a proteção do meio ambiente. Os conteúdos ecológicos a serem ensinados deveriam considerar, prioritariamente, a ecologia humana, com

---

<sup>1</sup> Chevallard, Y. (1985) *La transposition didactique*, opus.cit.

<sup>2</sup> Astofi, J. P. Develay, M. (1989) *La didactique des sciences*, PUF, Paris, collection Que sais-je? n. 2448.

<sup>3</sup> Verret, M. citado por Develay, M. (1992) *De l'apprentissage à l'enseignement*, opus. cit., p. 19.

<sup>4</sup> Martinand, J. L. (1986) *Connaître et transformer la matière*, Peter Lang, Berne.

relação a dados biológicos, mas também econômicos, geográficos físicos e filosóficos. Porém, no processo de transposição didática, esta ecologia se transformou em uma ecologia animal e vegetal e a ecologia humana não foi contemplada. Os valores de origem desta disciplina foram transformados em um trabalho de construção didática de um conteúdo a ensinar.

O caminho da transposição didática, e a transformação do saber, sofre sua primeira transformação, que não será exclusiva. Ela se refere ao trabalho do conceptor do conteúdo das disciplinas. Numa segunda fase do processo de estruturação do ensino, encontramos o professor e sua intervenção. Ao professor cabe o papel de identificação, naquilo que foi definido como saber a ensinar, dos conteúdos que serão efetivamente ensinados. Ele fará o recorte do conteúdo de maneira a introduzi-lo em uma seqüência didática, seguindo as orientações do programa. Mas, evidentemente, não será suficiente que todos os professores disponham do mesmo programa, para que todas as disciplinas sejam ministradas da mesma maneira. Existirão diferenças relativas ao conteúdo, à importância dada a cada parte do mesmo, à forma de trabalhá-lo em termos de dinâmica de ensino. Assim será pouco provável que o conteúdo que deve ser ensinado, definido pelos programas, seja refletido no conteúdo que foi efetivamente ensinado, no que se refere a um professor singular e muito menos, no que tange ao conjunto de professores, enquanto coletividade. Através do trabalho do professor, podemos identificar uma segunda transformação no processo de transposição didática.

Vimos até agora o papel do conceptor dos programas disciplinares e dos professores, e como eles contribuem para a transformação do saber. Nos resta a introdução do elemento final do processo de ensino, o aluno. Como elemento ativo da dinâmica do ensino, o aluno deve contribuir na identificação do terceiro e último grau de uma transposição didática. No trabalho do aluno encontramos a relação entre o saber que foi ensinado, ao qual o aluno foi exposto durante um determinado período de tempo, e podemos identificar, ao final deste período, a diferença entre aquilo que foi ensinado e aquilo que foi efetivamente apreendido ou assimilado. Na evidente diferença entre o saber ensinado e o saber assimilado, identificamos o último grau de um processo de transposição didática, que pode ser representado através do esquema da figura 13, proposto por Develay.

Considerando que cada uma das transformações do saber, que acabamos de apresentar, represente uma redução do campo de atuação de seu conteúdo, pode-se imaginar as proporções que assume a diferença entre o saber de referência e aquele assimilado pelo aluno. Esta análise evidencia uma diversidade de graus de conhecimento, que deve ser considerada quando nos referimos à dinâmica do ensino.

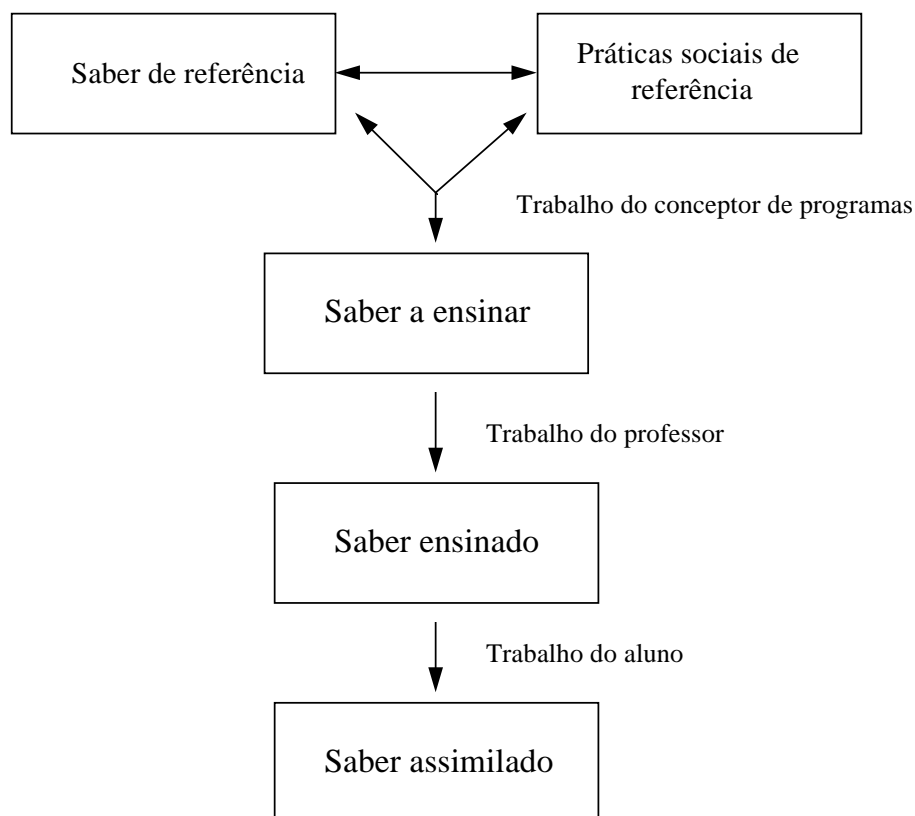


Figura 13 - Os diferentes graus da transposição didática<sup>1</sup>

#### 2.4.1.1 - As diferentes relações com o saber e as diversas lógicas

Cada um dos elementos humanos que interferem no processo de transposição didática - o conceitor, o professor e o aluno - terão uma relação própria com o conhecimento, e que será de níveis distintos. A distinção destes níveis é necessária para a identificação da lógica interna que cada indivíduo mantém com o saber, sob a forma que ele o reconhece. Mas estes elementos humanos não são os únicos a manter uma relação de ação com o conteúdo de uma disciplina, no entanto, eles

contemplam os atores do sistema didático, e suas relações com os diversos níveis de conteúdo não serão regidas por uma lógica única e específica. Destacaremos em seguida algumas das lógicas possíveis de serem identificadas tentando identificar suas particularidades e sua relevância, para a constituição de um Modelo da Situação de Ensino. A relação com o saber pode tomar a forma de diferentes limites e objetivos a serem atingidos. Estes diferentes graus podem nos permitir uma primeira distinção entre as diversas lógicas com relação ao saber.

#### **2.4.1.2 - Lógica da pesquisa**

Se considerarmos uma relação de pesquisa com o saber, ou uma investigação profunda de determinado conteúdo, os objetivos podem se transformar. Eles assumem inicialmente uma forma localizada. Porém, na medida em que a pesquisa avança e que um objetivo inicial foi atingido, outros novos objetivos são criados, realimentando um trabalho quase inesgotável. A cada descoberta mais profunda sobre as razões de um efeito, implicam em novas etapas da pesquisa. De fato, será difícil de determinar qual objetivo deve ser atingido, pois aqueles que são obtidos levam à criação de outros novos, na medida em que a pesquisa avança. O objetivo de um pesquisador é de conhecer o « porquê », ou mesmo todos os « porquês » possíveis que conferem o sentido ao seu objeto de pesquisa.

#### **2.4.1.3 - Lógica dos conceitos**

Trata-se de um termo, o mais geral possível, que engloba outros, como a lógica da matéria ou a organização do conteúdo à ensinar<sup>2</sup>. Na identificação da lógica da matéria o objetivo que se propõe é de identificar e definir os diferentes conceitos necessários, para abordá-la e organizá-los de forma a respeitar as relações de implicações entre eles. O resultado será uma organização não-linear. Normalmente as implicações tomam a forma de uma rede, e refletem a lógica do especialista que a organizou. Esta lógica dos conceitos, organizados segundo o ponto de vista de um especialista, não corresponde necessariamente aquilo que o aluno necessita em uma dinâmica de aprendizagem. Segundo Vermersch, a lógica apresentada pode tender ao excesso, traduzido em explicações e justificações fundamentais, que não correspondem ao nível dos alunos. Por outro lado, esta mesma lógica pode se tornar reduzida, eliminando os conceitos que aparentemente são

---

<sup>1</sup> Develay, M. (1992) *De l'apprentissage à l'enseignement*, opus cit. p. 29.

<sup>2</sup> Vermersch, P. (1979) *Analyse de la tâche et fonctionnement cognitif dans la programmation de l'enseignement*, in: *Bulletin de psychologie*, tomo 33, n. 343, p. 179 a 187, Paris.

elementares para aquele que analisa a matéria, mas cuja referência é necessária para respeitar o nível dos alunos.

#### **2.4.1.4 - Lógica da ação**

Se na lógica dos conceitos a relação predominante é a da implicação entre os elementos da rede estabelecida, a lógica da ação é fundamentada sobre as relações causais, ou segundo um encadeamento linear e seqüencial no tempo obedecendo as restrições do mundo material. A lógica da ação esta ligada ao mundo material, assim como a lógica dos conceitos se liga ao conteúdo teórico. As diferenças entre as duas lógicas guardam similaridades, com as diferenças entre o conhecimento declarativo e o conhecimento procedural, cujo campo de atuação se distingue, segundo a teoria e a prática. Na lógica da ação, o objetivo a ser atingido consiste na definição de um ou mais algoritmos, que devem ser empregados, de forma a resolver o problema proposto. Resta-nos observar que uma conduta algorítmica não toma a forma de uma solução única. Assim podemos identificar diferentes algoritmos, colocados em ação por diferentes indivíduos especialistas, e que resultarão na solução de um mesmo problema, passando por caminhos diferentes. Ora, esta multiplicidade não é sem consequência para a programação do ensino. Mesmo a formulação de instruções algorítmicas expressas, não resultarão em ações idênticas, em diversos alunos. A sua interpretação passa pela discriminação do ambiente, das variáveis pertinentes e de suas modalidades, que não será necessariamente a mesma para cada indivíduo.

#### **2.4.1.5 - Lógica pedagógica**

A lógica pedagógica, distinta das outras apresentadas, devem porém levar em conta o conteúdo das mesmas, de forma a organizar a ação pedagógica. A simples organização do conteúdo, de um lado, ou a determinação de algoritmos, de outro, não são suficientes para responder às questões relativas à planificação de ações pedagógicas. Assim, apesar de conter estas duas abordagens, a lógica pedagógica deve levar em conta a distribuição, em diferentes tipos de atividades da progressão didática, dos objetivos relativos à aquisição de conhecimento e a aquisição de esquemas operatórios<sup>1</sup>. Em suma, a tarefa específica do pedagogo consiste na

---

<sup>1</sup> Vermersch, P. (1979), *Analyse de la tâche et fonctionnement cognitif dans la programmation de l'enseignement*, opus cit.

definição de uma progressão, que incorpore as dimensões do conhecimento, tendo em vista a dinâmica do aluno, tarefa esta que implicará em uma lógica específica, distinta das outras, mas trazendo em seu conteúdo seus objetivos. Os princípios da lógica pedagógica consideram os elementos abordados pela engenharia didática.

### 2.4.2 - A engenharia didática

Quando de sua emergência, a noção de engenharia didática visava a classificar uma forma de trabalho didático: aquele comparável ao trabalho de um engenheiro que, para realizar um projeto preciso, se apoiando sobre os conhecimentos científicos de seu domínio, aceita se submeter a um controle de tipo científico mas, ao mesmo tempo, se vê obrigado a trabalhar sobre objetos bem mais complexos que os objetos depurados da ciência e portanto, de se aplicar praticamente, com todos os meios que ele dispõe, a problemas que a ciência não quer ou não pode considerar<sup>1</sup>. Esta definição permite que se questione a relação entre a *pesquisa* e a *ação* sobre o sistema de ensino, levando seus praticantes a abordar o papel das realizações didáticas em classe. Para Chevalard, os problemas levantados pela engenharia didática devem se relacionar ao desenvolvimento atual e futuro da didática da matemática: o problema de **ação** e de **meios de ação** sobre o sistema de ensino<sup>2</sup>.

Nascido na matemática, o método da engenharia didática se singulariza por sua estrutura interna, mais que por seus objetivos. Este método se baseia em uma análise *a priori* do processo de ensino, e das condutas dos sujeitos implicados no mesmo. O pesquisador explicita as escolhas possíveis no processo, tal como ele as organiza para cada um, preocupando-se em vincular suas escolhas à significação que elas terão para os atores. Neste sentido, o método não se liga nem a um determinismo, que consistiria em considerar o desenvolvimento de um processo de ensino, como um conjunto de respostas às condições externas fixas, nem a um empirismo, que consistiria em realizar um processo, não fundamentado, sobre uma

---

<sup>1</sup> Artigue, M. (1990), Ingénierie didactique, in: Recherche en Didactique des Mathématiques, vol 9/3, La pensée sauvage, Grenoble.

<sup>2</sup> Chevalard, Y., (1982) Sur l'ingénierie didactique, Deuxième Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques, Orleans.

análise prévia explícita<sup>1</sup>. A metodologia da engenharia didática, ainda que extremamente nova, ganhou inúmeros adeptos e vem sendo aplicada ao estudo de casos, principalmente no campo da matemática (Grenier/88, Bautier/88, Lemonidis/91, Vergnaud/87, Robert/83, entre outros), migrando aos poucos para o domínio da geometria do espaço. Colmez, Parzysz e Thomas, Georges e Higele, assim como Bautier, conduziram estudos que envolveram a avaliação de uma conduta didática, no processo de ensino/aprendizagem de técnicas de representação espacial.

Na área da didática, o termo engenharia visa a introduzir o campo de ação prática ao domínio teórico da mesma. A engenharia didática, também chamada por Develay de engenharia *pedagógica*, confere à didática o estatuto epistemológico de ciência de ação e não, unicamente, de ciência do conhecimento; a engenharia *pedagógica* atenta às ciências da comunicação, susceptíveis de ajudar o professor a se comunicar com seus alunos, atento às tecnologias da educação auxiliares à atividade pedagógica, atento às progressões e à implementação de escolhas didáticas<sup>2</sup>.

A engenharia didática, desenvolvida por Douady, define algumas noções que permitem uma análise didática das relações entre o professor e o aluno. A primeira delas é a que ela chamou de dialética ferramenta-objeto. Ao definir esta noção, ela nos fornece elementos que nos permite encontrar uma similaridade com os elementos do Modelo de Atividade Instrumentada - SAI: é um processo cíclico, organizando os papéis respectivos do professor e do aluno, ao longo do qual, os conceitos matemáticos assumem alternativamente o estatuto de ferramenta para resolver um problema e de objeto, se encaixando na construção de um saber organizado<sup>3</sup>. Os estatutos, alternando entre objeto e ferramenta, para resolução de um problema, encontram na teoria da atividade com instrumentos, uma outra explicação, não necessariamente oposta, mas que lhe é complementar. O conceito se encontra inserido em duas dinâmicas, uma de sua definição e apropriação, quando o conceito é um objeto de construção de um saber. Uma outra dinâmica é aquela em que este conceito, integrante de um conjunto de conhecimentos, é

---

<sup>1</sup> Vergnaud, G. (1994) *Théorie et concepts fondamentaux*, in: *Apprentissages et didactiques*, où en est-on? Hachette, Paris.

<sup>2</sup> Develay, M., (1992) *De l'apprentissage à l'enseignement*, opus cit., p. 91.

<sup>3</sup> Douady, R., (1986) *Jeux de cadres et dialitique outil-objet*, in: *Recherche en Didactique des Mathématiques*, Vol 7/2, La pensée sauvage, Grenoble.



utilizado como um instrumento na resolução de um problema. Vemos então que o conceito, seja ele matemático ou não, pode ocupar o polo objeto, ou o polo instrumento do modelo SAI, segundo a dinâmica na qual ele está inserido; enquanto construção do mesmo ele é um objeto da ação, uma vez apropriado e interiorizado, ele integra o repertório de instrumentos que dispõe o sujeito, para o tratamento de novas situações.

As fases deste processo cíclico comportam um percurso que se inicia nos conhecimentos existentes junto ao aluno. Naturalmente que para que seja possível abordar uma noção nova ou um novo conceito, até então desconhecido, é preciso que o processo seja lançado a partir de uma referência conhecida, para então evoluir no sentido do aprendizado. Esta primeira fase é chamada de “antigo”. Ela é seguida de uma Segunda, onde as questões propostas no início, não podem mais serem respondidas pelos conhecimentos antigos. Este esgotamento dos recursos do aluno podem levá-lo à buscar novos meios de solução, permitindo a utilização implícita de novas ferramentas. A mudança de ponto de vista e o *jogo de quadros* são alguns meios à disposição do professor, para permitir que a fase de pesquisa progrida, de forma a que os novos implícitos sejam utilizados e transformados. Douady define o *jogo de quadros* como sendo: mudança de quadros provocada por iniciativa do professor [...] para fazer avançar a fase de pesquisa e, principalmente para elaborar uma filiação de questões pertinentes com relação ao problema proposto, o qual se situa em uma certa situação de aprendizagem. Ela define como um *quadro* uma situação na qual se insere um conteúdo como o quadro geométrico, o quadro numérico, ou o quadro matemático. O jogo de quadro permite a criação de novos implícitos, que serão então institucionalizados de forma a adquirir o estatuto de objeto. Cabe ao professor a conferência de estatuto de objeto aos conceitos utilizados como ferramentas. O novo aspecto a aprender é destinado a funcionar posteriormente como um “antigo”. A estruturação pessoal é fundamental neste processo e ela se inicia pelas fases já descritas, mas para que ela se efetive o aluno deve testá-la, ele deve utilizá-la em novas situações, sem condução externa. Este é o objetivo da fase final do processo da dialética ferramenta-objeto, quando o aluno será solicitado a resolver situações mais complexas na qual o novo objeto, institucionalizado, se torna útil enquanto instrumento.

A engenharia didática, explicitada por Douady, coloca em evidência a multiplicidade de situações e a dinâmica existente na definição do estatuto do conceito a

construir. O processo de sua geração - implícito, objeto, explícito, ferramenta, instrumento - passando por uma ou mais mudanças de quadro de análise, faz com que se perceba a riqueza de elementos, relações, fases e estratégias que podem ser abordadas em uma situação de ensino. Para o estudo desta complexidade buscaremos o recurso dos modelos já desenvolvidos, principalmente aqueles que definem as relações em situações de ensino.

### 2.4.3 - O Modelo das Situações de Ensino

Seja para a análise das situações de ensino, seja para identificar a ênfase dada por um professor em seu encaminhamento didático, seja para uma análise das evoluções possíveis o Modelo das Situações de Ensino foi abordado por diversos autores. Este modelo é constituído dos elementos básicos da situação, o professor ou mestre (M), representando o agente da ação de ensino, o aluno (A) representando o elemento cujo conhecimento se deseja construir e o saber (S) como conteúdo desta ação (figura 14).

Porém, se a construção do modelo representa uma convergência entre as abordagens que os diversos autores fizeram do mesmo, o conteúdo desenvolvido por cada um toma uma direção diferente, ainda que não incompatível. Avanzini define<sup>1</sup>, à partir dos três elementos, um método pedagógico que se baseia sobre os objetivos, ou finalidades - como algo definido pelo mestre -, sobre a estrutura do saber que irá determinar a progressão didática e sobre a representação psicológica do aluno sobre a qual se deseja agir. Ele argumenta a relação entre os três elementos do modelo, como partes integrantes e dinâmicas de seu método pedagógico, considerando que nenhuma relação entre duas partes pode ser considerada, sem que se tenha em mente a presença da terceira.

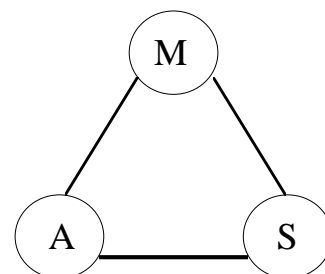


Figura 14 - Modelo de Situação de Ensino  
A = Aluno; M = Mestre; S = Saber

<sup>1</sup> Avanzini, G. (1975) *Immobilisme e novation dans l'éducation scolaire*, retomado por Develay, M. (1995) *De l'apprentissage à l'enseignement*, opus cit.

O modelo, retomado por Houssaye<sup>1</sup>, serve para a distinção entre os processos pedagógicos e as tipologias que ele identifica nas abordagens didáticas. Segundo ele as situações pedagógicas se articulam em torno dos três pólos do modelo, mas funcionam a partir do princípio do terço excluído. Os modelos pedagógicos que são sugeridos provêm de uma relação privilegiada entre o conjunto de dois dos termos. Houssaye identifica assim três tipos de professores em função de um processo de ensino, de formação ou de aprendizado.

O estudo da didática de matemática, encabeçado por Chevalard, aborda o modelo como representando um triângulo didático, e não pedagógico, e o utiliza para caracterizar as situações didáticas que integram sua teoria. Chevalard confere ao modelo o estatuto de representação de um sistema de ensino, mas ressalta que o comportamento de um elemento de um sistema didático observado, só adquire uma significação, na medida em que o mesmo seja interpretado como uma manifestação de uma interação, de um meio externo e este elemento<sup>2</sup>.

Ao levar-se em consideração o meio externo aos elementos do modelo e outros indicadores do conteúdo de um método pedagógico, vemos que a simplicidade representada pelo modelo permite porém análises diversas, colocando em evidência um conjunto de condicionantes bastante elaboradas e que regulam a ação didática. É o que sugere Meirieu<sup>3</sup>, quando ele coloca como dimensões a serem consideradas na busca de um método em pedagogia as ferramentas, o grau de condução, os modos do pensamento, a inserção psico-afetiva e a gestão do tempo.

As diversas abordagens feitas do modelo em questão nos permitem concluir que, ainda que o mesmo possa significar um reducionismo, ele permite, porém, a emergência de múltiplas análises, colocando em evidência diferentes óticas. O mérito desta formulação está na sua adaptabilidade às diversas abordagens e assim, sua validade será testada para a situação de ensino definida no âmbito deste estudo. Para tanto iniciaremos sua análise à partir das relações entre seus elementos: aluno, mestre e saber.

#### **2.4.3.1 - A relação entre o mestre e o saber - uma relação de pesquisa?**

---

<sup>1</sup> Houssaye, J. (1988) *Le triangle pédagogique*, Peter Lang, Berne.

<sup>2</sup> Chevalard, Y. citado por Develay, M. (1995) *De l'apprentissage à l'enseignement*, opus cit. p. 64.

<sup>3</sup> Meirieu, P. (1995) *Apprendre... oui, mais comment*, opus cit.

A caracterização desta relação pode assumir diversas formas, se considerarmos o processo de transposição didática sofrido pelo *saber*. Os níveis do saber - saber corrente, saber a ensinar, saber ensinado e assimilado -, irão determinar diferentes leituras para a relação mestre-saber. Poderíamos excluir, inicialmente, o nível do saber corrente, pois dentro de uma situação de ensino, a primeira transformação da transposição didática teria sido operada pelo conceitor do programa disciplinar. Em uma situação de ensino o mestre se vê confrontado a um conteúdo pré-determinado, que deve ser objeto de uma ação pedagógica. Esta exclusão formal não representa porém a situação de fato, pois o mestre pode manter uma relação com o saber que ultrapassa os limites estabelecidos em programas.

Na interpretação dada por Houssaye, o processo que é colocado em ação, considerando o terço excluído do aluno, é um processo de *ensinar*. Uma vez que, em sua interpretação, a relação entre mestre e saber leva à exclusão do aluno, a ênfase dada vai contemplar o conteúdo e a sua lógica interna. Develay define esta relação como a *pedagogia do conteúdo* onde é dada ao mestre a tarefa de seleção de objetos, tarefas e conceitos que farão parte do conteúdo a ser ensinado. Na escolha destes conteúdos o mestre opera mais um nível de transformação do saber, obedecendo a critérios da situação de ensino, dos alunos e do nível de aprendizado que se deseja atingir.

Na singularidade desta relação com o saber, o mestre desenvolve sua própria representação, mantendo assim objetivos de conhecimento, que irão justificar uma lógica de pesquisa. No entanto, ele se vê confrontado a uma segunda relação com este mesmo saber, que é aquela que considera as representações dos alunos e as ações que irão resultar em sua evolução. Na escolha dos conteúdos e das ações pedagógicas é preciso identificar os conceitos integradores<sup>1</sup>, assim como a estratégia ou ação pedagógica, que permitirá sua compreensão pelos alunos. Na distinção destes dois tipos de relação encontramos a origem da transformação da relação do mestre com o saber, de maneira a atingir um objetivo pedagógico. Esta distinção é necessária, pois uma relação de pesquisa não compartilha os mesmos objetivos que uma relação pedagógica, e o domínio do conteúdo não implica necessariamente em um domínio das ações pedagógicas, que permitirão sua assimilação. A dinâmica da pesquisa não segue a mesma direção daquela da aprendizagem e o mestre está no centro de ambos os processos se vendo obrigado

---

<sup>1</sup> Develay, M. (1995) *De l'apprentissage à l'enseignement*, opus cit.

distinguí-las, de forma a adaptar sua relação de acordo com a situação que ele conduz: pesquisa ou ensino.

Margolinas define esta relação como característica de um *estado didático inicial*<sup>1</sup>, onde o mestre mantém uma relação privilegiada com o saber. Do ponto de vista desta relação, existe uma assimetria que é básica para o sistema didático. Esta assimetria se refere ao fato que o aluno, mesmo mantendo uma relação com o saber, anterior ao processo de ensino, dispõe em princípio, de uma representação inexistente ou inadequada do conteúdo em questão. De fato, sem a hipótese desta assimetria, o sistema didático não encontraria uma razão de ser. O esforço didático consiste na redução, e num ideal pouco acessível, a eliminação desta assimetria, de forma que o aluno venha a manter, no final do processo, uma relação semelhante àquela que o mestre mantinha com o saber no início do mesmo.

#### **2.1.3.2 - A relação entre o mestre e o aluno - o contrato didático**

Nesta relação Houssaye define a tipologia do ensino, ou do mestre, que se dedica à formação de seu aluno. Considerando o saber como o terço excluído, em sua proposição, a relação do mestre e seus alunos faria com que a prioridade se voltasse ao desenvolvimento destes últimos, em termos de conteúdo apreendido. É impossível excluir o saber desta dinâmica pois ele continua sendo o centro da transferência de conhecimento, mas sua lógica interna deixaria de ser privilegiada. Nesta relação entre dois elementos humanos o objeto é a redução da assimetria entre as representações, que cada um dos sujeitos mantém, do conteúdo em questão. Entre os dois indivíduos se estabelece aquilo que Brousseau<sup>2</sup> chamou de *contrato didático*. Ele o define como uma relação que determina – explicitamente, para uma pequena parte, mas principalmente implicitamente - aquilo que cada participante, o professor e o aluno, têm a responsabilidade de gerenciar e assim que ele será responsável, de uma maneira ou de outra, perante a outra parte. Este sistema de obrigações recíprocas se assemelha a um contrato. Brousseau se interessa ao contrato didático ou a parte do contrato que é específica do conteúdo. Da definição que foi exposta destaca-se a característica implícita da noção apresentada. O contrato didático inclui as regras que regem a relação entre os elementos que dele participam, as expectativas que cada uma das partes mantém

---

<sup>1</sup> Margolinas, C. (1992) Eléments pour l'analyse du rôle du maître: les phases de conclusion, in: Recherche en Didactique des Mathématiques, vol 12/1, La pensée sauvage, Grenoble. p. 125.

<sup>2</sup> Brousseau, G. (1986) Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques, in: Recherches en Didactique des mathématiques, vol 7/2, La pensée sauvage, Grenoble, p. 51.

com relação à outra, assim como os encaminhamentos e o comportamento do mestre e do aluno. Sendo implícito, ele prescinde de uma discussão formal, voltando a ocupar o foco das atenções, no momento em que ele for rompido por uma ou ambas as partes. Através da noção de contrato didático se define uma pedagogia, que se baseia na relação entre os dois sujeitos, o mestre deve crer na possibilidade de educação do aluno que por sua vez deve depositar neste sua confiança.

Esta relação define a busca, feita pelo mestre, de ações e de atividades que possam ser executadas de forma a estimular as transformações na representação dos alunos. A condição implícita do contrato pode ser justificada, na medida que as intenções do mestre não podem ser definidas *a priori*, sob pena de não serem atingidas. O processo de aprendizagem é individual e específico do aluno e ao mestre cabe a condução do mesmo. Esta condição de condutor implica na seleção de ações que poderão estimular, no aluno, a necessidade de aprender. Se o objetivo for explicitado antes, e mesmo depois da ação, ela irá interferir de forma a reduzir as possibilidades de que o mesmo venha a ser atingido.

A participação dos alunos no contrato didático concerne a confiança na condução que os mesmos estão sujeitos. Dentre suas obrigações, ainda que não explícitas no contrato, eles devem se deixar guiar pelos mestres de maneira a executar as ações propostas e assim cumprir sua parte. O aluno deve saber que, se um problema foi proposto, sua resolução visa a aquisição de um conhecimento, ele não sabe porém qual, uma vez que em um mesmo problema existem inúmeros enfoques coexistentes. Dentro de uma ação didática vai existir a influência da lógica interna da ação e a lógica do conhecimento que se deseja identificar. O mestre conduz este processo, mas é o aluno o ator da ação. A função principal do mestre não é realmente de ensinar, mas principalmente de assistir ao aprendizado dos alunos<sup>1</sup>. A transformação da competência dos alunos e a redução da assimetria inicial é o objetivo desta relação.

#### **2.4.3.3 - A relação entre o aluno e o saber - assimetria ou baixo nível de representação**

Para analisar a relação entre o aluno e o saber, devemos considerar a situação a qual ela se refere. É preciso distinguir a situação inicial, onde a assimetria com

relação à representação do mestre é significativa. De fato, no início do processo de ensino a representação do aluno, com relação ao saber em questão, pode ser considerada incompleta ou inadequada. Esta é a base do ensino, contribuir para a construção do conhecimento e para a adequação das representações do aluno. Em uma situação final podemos dizer que o aluno, ou mesmo o ex-aluno, mantém uma relação adequada com o saber. Margolinas define esta situação como um estado não didático final, considerando a independência que o aluno adquire da relação do mestre com o saber<sup>1</sup>. Na busca da simetria entre as representações dos sujeitos do Modelo das Situações de Ensino se define o projeto de sua extinção.

Na tipologia do mestre definida por Houssaye, o processo privilegiado é o da aprendizagem, o aluno, face ao saber em questão, é conduzido a construir seu conhecimento. Não se pode deixar de considerar o modelo total, em uma análise das relações entre dois de seus elementos. A relação entre o aluno e o saber será construída a partir de ações e atividades propostas pelo mestre, estando assim sujeito à uma pedagogia das aquisições, na qual ele fará evoluir sua própria representação do conteúdo a ser assimilado. Para tanto, ele pode contar com seus ciclos de regulação internos como guia e com a conduta do professor nas ações propostas.

O objeto da ação do aluno é a execução da tarefa que lhe é proposta. Considerando uma ação de aprendizagem em perspectiva, ele deve produzir um desenho de maneira lisível e compreensível. Nesta ação podemos supor que ele já tenha construído uma representação, ainda que circunstancial, do conhecimento, objeto de seu trabalho. Será então necessário identificar o conteúdo desta representação, para que se possa estabelecer se ela deve, ou não, ser transformada e como fazê-lo. Na situação de ensino de perspectiva, a existência de representações anteriores é freqüente. É preciso que o processo de ensino parta destas referências já construídas para poder progredir e transformá-las. Estes conhecimentos anteriores podem significar um ponto de partida para as transformações que se fazem necessárias, mas eles podem também representar um obstáculo, considerando esta última como uma noção de um conhecimento estável, que resiste às modificações, ou seja que sua rejeição representa um bloqueio para o aluno. Os obstáculos podem representar uma dificuldade de tal

---

<sup>1</sup> Develay, M. (1995) *De l'apprentissage à l'enseignement*, opus cit. p. 162.

sorte que eles podem exigir a sua completa desestruturação, antes de iniciar o caminho da construção. Martinand<sup>2</sup> propõe a noção de objetivo-obstáculo, para caracterizar um modo de seleção de objetivos para o ensino. Esta noção é importante na medida em que ela permite a seleção dos obstáculos abordáveis, entre os obstáculos identificados, assim como a identificação dos objetivos úteis e que não irão implicar em obstáculos inatingíveis.

#### **2.4.4 - A hierarquização do *saber* no Modelo das Situações de Ensino**

A proposta dos três pólos do Modelo das Situações de Ensino agrupa os principais elementos que se deseja estudar. No entanto, é preciso considerar as particularidades do conteúdo do *saber*. Como já vimos, ao abordarmos a noção de transposição didática, pode-se distinguir uma diversidade de abrangência deste *saber*. Dentro do modelo deverão ser considerados os níveis de: saber formalizado nos programas, saber efetivamente abordado pelo professor e saber assimilado pelo aluno. Esta primeira distinção é suficiente para justificar a hierarquização do saber, em uma análise de situações de ensino. Mas ela não é a única. Deve-se considerar também a assimetria, necessária para justificar uma ação pedagógica, entre a relação que o mestre mantém com o saber e aquela mantida pelo aluno.

Esta distinção, ou hierarquização do saber, é necessária para que seja possível a análise das diversas etapas de uma sequência de situações de ensino. Ainda que mestre e aluno se encontrem em uma mesma situação, as dinâmicas que cada um deles está sujeito têm características particulares e distintas, que não comportam um mesmo saber enquanto objeto. A proposta de uma hierarquização se atém ao fato de que existe um fundo comum entre o saber tratado pelo professor e aquele que o aluno trabalha. A representação de cada um deles é porém de nível diferente. Considerando a existência desta flexibilidade na identificação dos níveis hierárquicos do *saber*, julgamos ser possível a adoção deste Modelo, para uma análise do processo de ensino. A questão central deste processo é de fato a evolução destes níveis, de forma a buscar um ideal simétrico que corresponde ao objetivo central da educação.

---

<sup>1</sup> Margolinas, C (1992) Eléments pour l'analyse du rôle du maître: les phases de conclusion, in: Recherche en Didactique des Mathématiques, opus. cit., p. 126.

<sup>2</sup> Martinand, J. L. (1986) *Connaître et transformer la matière*, opus. cit.



## 2.5 - Conclusão

Nesta breve revisão das teorias e modelos existentes, procurou-se destacar as noções que julgamos pertinentes para a evolução de nosso estudo. As três óticas abordadas, do instrumento, do conhecimento e da didática, se complementam de maneira a formar a base necessária, para a proposta de introdução do instrumento em uma situação de ensino, cuja formulação será objeto do capítulo 3. A definição de um modelo de análise, levando em consideração a interação entre as óticas abordadas neste capítulo, constitui uma abordagem, *a priori*, desta implementação, do processo de engenharia didática. As relações e mediações, a serem exploradas na ação didática, são mais ou menos elaboradas em uma fase preliminar, na qual são definidos os meios e as estratégias a serem adotadas. As três óticas apresentadas se tornam então interdependentes, tanto nesta primeira fase de elaboração da ação pedagógica, como na fase de leitura e de interpretação do resultado da mesma. Desta forma, percorremos os primeiros passos da engenharia didática em busca da integração do instrumento à mesma. Assim, formularemos a seguir a proposta de um modelo que represente as situações de ensino instrumentada, visando sua utilização como um instrumento de análise das ações pedagógicas implementadas.

## Capítulo 3

### Proposta de um modelo de Situação de Ensino Instrumentado – SEI

#### **3.1 - Incorporação do instrumento em um modelo didático**

Os elementos básicos de uma situação de ensino são representados, de uma maneira genérica, pelos pólos do Modelo de Situações de Ensino - MSE, analisado no capítulo anterior. Neste mesmo capítulo revisou-se a teoria das atividades com instrumentos, que propõe o modelo das Situações de Atividades Instrumentadas - SAI. Para caracterizar uma Situação de Ensino Instrumentado, objeto deste estudo, propomos a incorporação no MSE das relações mediadas definidas no modelo SAI.

As relações analisadas do Modelo das Situações de Ensino, - mestre-saber, mestre-aluno e aluno-saber -, podem de fato ser definidas como relações bi-polares entre um sujeito e o objeto de sua ação. Mesmo no caso da relação entre o mestre e o aluno, podemos identificar este último como o objeto de uma ação didática. O modelo SAI propõe, por sua vez, que as relações bi-polares podem ser mediadas por instrumentos. De fato, elas o são, se considerarmos a própria linguagem como um instrumento. A proposta de introdução de um instrumento material na dinâmica do ensino, justifica a incorporação das relações mediadas pelos instrumentos àquelas identificadas no modelo didático. Assim, a relação entre o mestre e o saber (figura 15), que pode ser direta, como sugere o modelo didático, pode ser também intermediada por instrumentos, como nos indica a teoria da atividade com instrumentos. Como instrumentos intermediários, podemos citar a linguagem que serve de meio de expressão dos conteúdos do saber e que não é o conteúdo em si, mas uma forma de expressão do mesmo.

Neste sentido, este instrumento vai manter não só uma relação de mediação entre o sujeito e o saber mas também uma relação direta com o sujeito que o utiliza. Assim, a forma de expressão do sujeito, naquilo que se refere ao conteúdo do saber, é restrita à representação que o mesmo tem da linguagem, enquanto

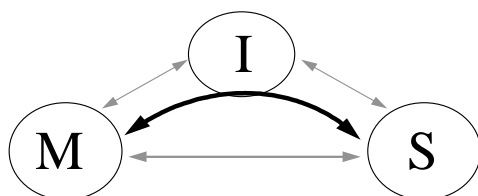


Figura 15 - Relação entre o mestre e o saber intermediada por um instrumento

instrumento. A relação da linguagem com o saber é submetida às limitações entre o conteúdo em si e a forma possível e compreensível de expressá-lo. O exemplo do instrumento da linguagem pode ser desenvolvido com mais profundidade, mas nos levaria a um desvio dos objetivos deste estudo.

Este exemplo se refere, no entanto, ao primeiro instrumento identificado, enquanto mediador, das relações entre o sujeito e seu objeto, na teoria de Vygotsky. A teoria das atividades com instrumentos expande o campo de validade dos mesmos, permitindo a inclusão de objetos materiais, ou artefatos, como instrumentos mediadores das relações bi-polares que, assim como a linguagem, mediarão as relações entre os dois pólos, mas também manterão relações diretas com os elementos que ele media.

Uma outra relação tratada no modelo didático pode ser analisada, segundo a mediação de um instrumento (figura 16). Assim o mestre, em uma ação didática, vai se relacionar com o aluno de maneira direta, mas também de forma mediadas, sejam através de documentos e textos que ele vai

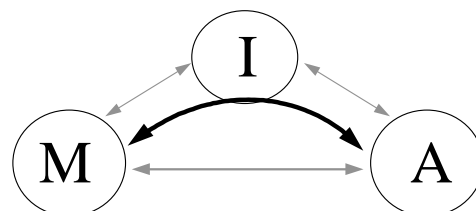


Figura 16 - Relação entre o mestre e o aluno intermediada por um instrumento

lhe fornecer, através de aparelhos que simulem o conteúdo a ser ensinado, objetivo da relação, ou através de desenhos e esquemas. Estes instrumentos mediadores serão interpretados de maneira distinta pelo aluno e pelo mestre, guardando, por sua vez, uma relação com o saber que eles devem conter e com o mestre que o utiliza como instrumento de comunicação. A análise destas relações, incorporando as mediações de instrumentos, leva a um enriquecimento das possibilidades de estudo da situação.

Outra relação do modelo, aquela entre o aluno e o saber, será submetida às mesmas condições de mediação apresentadas na figura 15, completando assim as possibilidades existentes no modelo de ensino, enriquecidas por uma análise das mediações instrumentais. De fato, este estudo visa a avaliar o papel dos instrumentos, quando inseridos em uma situação didática, se relacionando ao mesmo tempo com os três elementos do Modelo de Situação de Ensino. Assim, propomos a incorporação do instrumento neste modelo, de maneira a integrar aquele que chamamos de modelo de Situação de Ensino Instrumentado - SEI. A proposta deste modelo, representado na figura 17, nos permitirá analisar tanto as relações diretas que aluno, mestre e saber podem manter com o instrumento, mas também de estudar as relações entre eles, que podem ser mediadas pelo mesmo. Cada uma destas relações será, a seguir, objeto de um detalhamento.

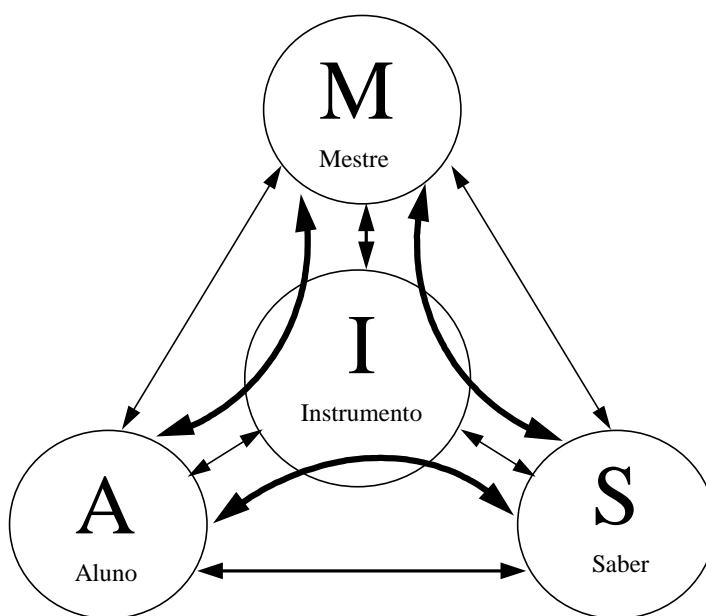


Figura 17 - Modelo da Situação de Ensino Instrumentado - SEI

Antes de avançar na análise das especificidades das relações, diretas ou mediadas, é preciso considerar que um instrumento que integra uma situação de ensino, não pode ser considerado de caráter individual, ainda que sua gênese instrumental seja específica a uma situação particular. De fato, para introduzir o instrumento no centro da situação, devemos ter em mente que a componente material do mesmo, aquela que efetivamente pode ser considerada coletiva,

permite se associar a inúmeras componentes esquemáticas diferentes, de acordo com a singularidade da situação em que o instrumento integra uma ação. Mesmo porque, ações de diversas naturezas podem ser executadas utilizando o aparelho, e em cada uma delas, pode-se identificar uma nova forma instrumental - componente esquemática -, associada a um mesmo elemento material - componente tecnológica.

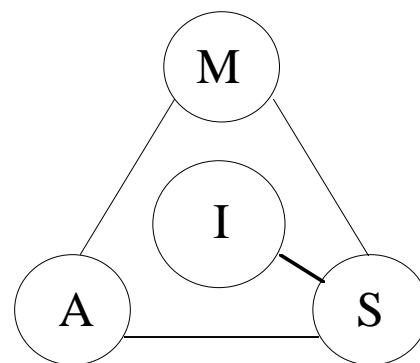
Visando a adoção do modelo SEI, como uma forma de representação das situações didáticas instrumentadas de forma geral, iniciaremos seu detalhamento através de uma situação concreta e específica - o ensino da perspectiva como conteúdo do saber e o perspectógrafo enquanto aparelho com vocação instrumental. No âmbito da situação definida como objeto deste estudo procuraremos identificar, através de uma análise a priori, a multiplicidade de usos em que o aparelho pode ser inserido e inferir seu papel enquanto mediador das relações didáticas. Ao validar-se sua utilização, à partir da situação experimental, abre-se a possibilidade de extensão de sua pertinência à uma classe de situações.

### **3.2 - As relações do perspectógrafo com os pólos do modelo**

A vocação instrumental do perspectógrafo foi objeto de nossa atenção quando abordamos, no capítulo anterior, o conteúdo da teoria das atividades com instrumentos. Ao colocarmos em evidência as relações entre os elementos do modelo SEI e o instrumento, consideramos, em princípio, que este instrumento terá como componente tecnológica o perspectógrafo, as componentes esquemáticas sendo relativas a cada situação de uso. O modelo SEI nos servirá de ferramenta para analisar as diversas relações e os estatutos que o aparelho pode adquirir dentro de uma dinâmica didática, enquanto componente tecnológica de um instrumento. Abordaremos, a seguir, as possibilidades de relação direta que o mesmo pode estabelecer com os três elementos da situação didática: o saber, o mestre e o aluno.

### 3.2.1 - Instrumento e saber

A relação entre o perspectógrafo e o saber tem sua origem nas construções dos pesquisadores do século XVI. O projeto das « máquinas de desenhar » teve início com os artistas renascentistas, que procuravam definir uma representação, a mais fiel possível, do ambiente físico de suas pinturas.



Relação direta: Instrumento e saber

A questão principal destes projetos era o domínio das regras da projetividade, principalmente no que concerne à projeção cônica central, que determina a representação perspectiva. Foram inúmeros os artistas que executaram projetos específicos de aparelhos, permitindo a execução de perspectivas. Dentre eles destacamos o trabalho de Albrecht Dürer, devido à diversidade de formas que seus perspectógrafos adquiriam e à vasta documentação que o mesmo produziu, através de suas gravuras. Na realidade Dürer era um artista que conhecia, e empregava com maestria, as regras da perspectiva em seus quadros e gravuras, mesmo antes de se dedicar à construção de seus aparelhos. Estas construções representaram então um processo de materialização dos conceitos abstratos, que entram em ação em uma representação perspectiva.

Ao se criar os aparelhos procurou-se conferir um aspecto material à um conceito abstrato. O ponto de observação é um exemplo desta relação. O aparelho oferece, como forma de representação material do ponto de observação, a possibilidade de se olhar através de um anel em metal. Ele serve como referência para manter o olhar em uma mesma posição. O anel metálico materializa assim o conceito de ponto de observação. Ou seja, a partir de um conceito abstrato, como o de ponto de observação, se criou um elemento material que o representa, guardando uma relação entre um *significante*, ou componente tecnológica, e um *significado* existente a priori, ou componente esquemática do instrumento.

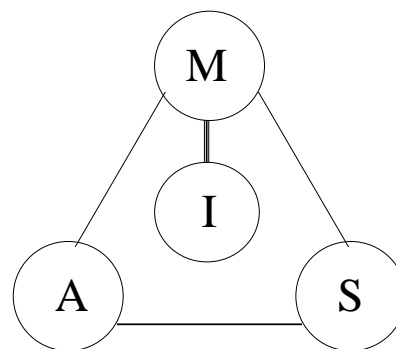
O aparelho simula o ambiente relativo ao saber em perspectiva. Ele representa, de maneira evidentemente limitada, o processo através do qual pode-se determinar as deformações de um objeto quando ele se submete à um sistema de representação gráfica, como aquele da perspectiva. Ele contém assim um saber implícito que pode ser utilizado. Ele permite a execução de perspectivas, sem a necessidade de

colocar em ação nenhum conhecimento sobre suas origens, suas restrições e seus invariantes. É possível também a execução de certas manipulações sobre o aparelho, para determinar algumas entidades abstratas relativas ao saber formal, como o ponto de fuga ou a linha do horizonte.

A relação mais importante entre o saber e o aparelho, está na sua vocação instrumental, representando um meio mais rápido de atingir o conhecimento em questão, passando pela atividade com o instrumento, ainda que para tanto ele faça uma economia. Nesta opção, a relação terá como base os conhecimentos pragmáticos, ou mesmo os conhecimentos em ato, pois o aparelho em si não é suficiente para a formulação de proposições de conceitos técnicos, ou científicos, justamente aqueles que ele prescinde na ação.

### 3.2.2 - Instrumento e mestre

O perspectógrafo faz parte do repertório de artefatos, que estão à disposição do mestre, para a preparação de sua ação didática. Considerando-o como um simulador do ambiente da perspectiva, não lhe será conferido o mesmo estatuto que um outro artefato. Mas para tanto o mestre deve interpretá-lo como tal, ou seja ele deve desenvolver seus próprios esquemas de maneira a ver, na componente tecnológica do aparelho, sua potencialidade instrumental. É preciso considerar que a introdução do perspectógrafo em uma situação de ensino, parte do princípio de que o mestre mantém uma relação anterior com o saber, e que não passou necessariamente pela mediação do aparelho. Assim, os conteúdos abstratos da perspectiva se encontram em estado desenvolvido junto ao mestre e o processo de gênese instrumental exigirá do mesmo uma construção de associações entre os significados, que ele dispõe e os significantes que o aparelho visa representar. Esta vinculação é condição imprescindível, para a incorporação do aparelho enquanto instrumento. O mestre conhece o ponto de observação e ele deve ser capaz de reconhecê-lo no aparelho através do anel metálico.



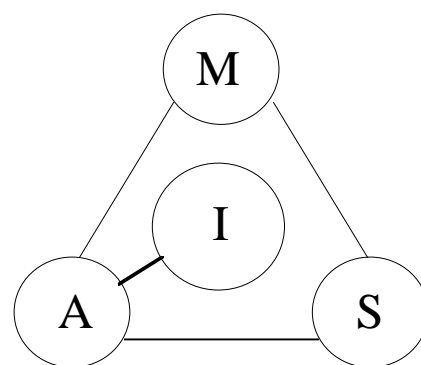
Relação direta: Instrumento e Mestre

A tarefa do mestre, em uma ação didática, é de criar situações de forma a gerar no aluno a necessidade de aquisição de um conhecimento. Na relação do mestre com

o instrumento podem ser criadas diversas situações, de ação, de reconhecimento ou de ilustração. Para tanto, o mestre deve reconhecer no aparelho suas potencialidades instrumentais e as ações que podem ser executadas com o mesmo. O perspectógrafo é uma nova ferramenta e sua relação com o mestre depende de investigação para estabelecer todas as possibilidades, que podem existir a partir de sua adoção como um instrumento de aprendizagem. Esta investigação se encaixa em uma fase preliminar do processo da engenharia didática uma vez que o instrumento irá desempenhar um papel importante na mesma. Na relação do mestre com o aparelho, a sua segunda gênese instrumental - a primeira é aquela da sua concepção -, formulam-se as primeiras hipóteses a serem verificadas através das experimentações.

### 3.2.2 - Instrumento e aluno

Nesta relação com o perspectógrafo definimos o processo de descoberta. O processo de gênese instrumental não seguirá o mesmo caminho daquele dos pesquisadores do século XVI, ou do mestre, que identifica no aparelho uma relação com os conteúdos que ele domina. O aluno, em princípio, não mantém uma representação



Relação direta: instrumento e aluno

evoluída com relação ao conteúdo do saber. Ele não dispõe de significados que podem ser associados aos significantes do aparelho. O processo, neste caso toma o caminho inverso daquele descrito anteriormente. O aluno entra em relação com o aparelho e à medida em que sua ação avança, ele constrói sua representação e os significados que ele identifica em ato. Esta dinâmica se vincula, principalmente, à identificação de um conhecimento procedural que declarativo.

Considerando o aparelho como um meio de ação a ser utilizado pelos alunos, os invariantes identificados inicialmente são ligados exclusivamente à ação com o mesmo. Nesta ação os alunos constróem uma relação com a realidade das transformações projetivas. Eles identificam conceitos, que podem ser pragmáticos ou em ato, que tem sua origem na atividade imposta pelo instrumento. Ela obriga o aluno a organizar sua ação para realizar sua tarefa, transformando assim sua representação. Enquanto meio de produção de desenhos, o aparelho permite a obtenção de uma perspectiva, sem a necessidade de conhecimento formal de



técnicas e de seu conteúdo. Ele permite então a execução de atos de perspectiva, através dos quais são construídos certos conhecimentos, inicialmente pragmáticos. Com a interferência do mestre estes conhecimentos podem evoluir de forma a se transformar em conhecimento técnico ou científico. Assim, o aluno pode ser conduzido à compreensão da técnica projetiva central e à sua interiorização enquanto ferramenta ou instrumento de expressão. Esta transformação não faz parte da relação entre o aluno e o instrumento, mas encontra nela sua origem.

O instrumento pode adquirir também o estatuto de um meio de controle das antecipações feitas pelo aluno sobre os efeitos de uma determinada forma de organização dos elementos perspectivados. Assim, ele pode manipular os parâmetros de forma a definir aqueles que serão considerados na obtenção de um efeito. O aparelho permite esta manipulação de forma rápida. A altura do observador, a posição lateral do mesmo com relação ao objeto representado, a posição do objeto com relação ao quadro, são parâmetros gerais que podem ser rapidamente modificados, de forma a verificar o efeito perspectivo que se deseja obter. O aluno pode fazer assim uma vinculação entre o parâmetro modificado e o efeito sobre a forma perspectiva obtida.

Enfim a relação entre o aluno e o instrumento será definida de acordo com o tipo de tarefa que o aluno deverá executar através do mesmo. Citamos acima o exemplo de produção de um desenho e o controle dos parâmetros de uma perspectiva, poderíamos fazer referência também ao aparelho, como meio de ilustração dos conceitos formais da perspectiva. A decisão de qual tarefa será imposta ao aluno com o aparelho faz parte das prerrogativas do mestre. Resta que estas ações podem levar às construções, ou mesmo às alterações do conhecimento do aluno e que constituem o objetivo do ensino.

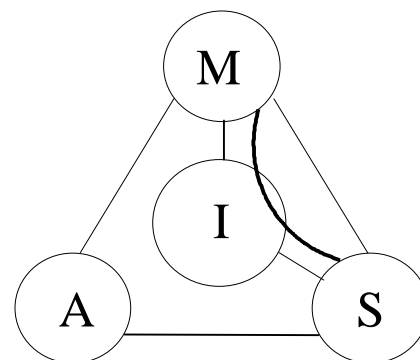
### **3.3 - As mediações do perspectógrafo**

No centro do modelo didático, acabamos de ver que o perspectógrafo pode manter uma relação direta com os três pólos, guardando com cada um deles as particularidades da situação na qual ele pode ser inserido. Vimos que as relações não são de mesma natureza com cada um dos elementos integrantes do modelo.

Analisaremos a seguir o caracter mediador que pode se estabelecer através do instrumento e como ele se vincula, de forma indireta, aos elementos do modelo. Justificaremos assim a utilização conjunta, no modelo proposto da teoria de atividades com instrumentos, representada pelo modelo SAI, dentro de uma situação didática, definida pelo Modelo de Situação de Ensino. Para tanto, consideraremos os pólos do modelo didático como *sujeito* e *objeto*, de acordo com a particularidade da situação de análise.

### 3.3.1 - mestre e saber, mediado pelo instrumento

A mediação da relação entre o mestre e o seu saber feita pelo perspectógrafo, será o resultado de uma modificação na competência do sujeito. O mestre assume a posição de sujeito, no modelo SAI, que age sobre seu objeto, o saber em perspectiva. Adotando o perspectógrafo



Relação mediadas: mestre e saber

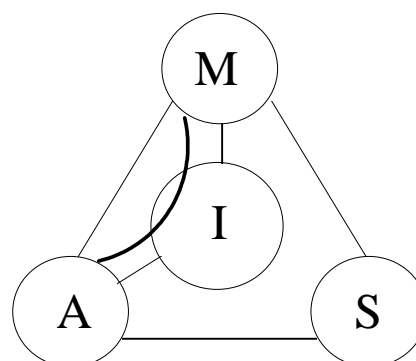
como instrumento, esta relação será mediada de maneira a que o mestre manipule, e mesmo identifique, conceitos formais através do aparelho. A mudança de competência se refere ao fato de que o sujeito irá desenvolver esquemas específicos, ao se servir do instrumento em sua tarefa didática. Ao agir sobre os elementos materiais do aparelho, ele estará agindo sobre um parâmetro do saber. Ao ler o resultado de uma manipulação perspectiva ele estará verificando suas antecipações com relação ao saber. Assim, a mediação tem início em um processo de gênese instrumental.

Esta mediação coloca em evidência as convergências, que podem ser encontradas entre o saber em perspectiva e o saber implícito no aparelho. Na mediação da relação entre o mestre e o saber, estas possíveis convergências podem ser identificadas. Os paralelos entre o saber formal e o saber implícito no aparelho, identificados pelo mestre, podem integrar uma estratégia pedagógica baseada na descoberta e na ação. A vocação para a ação com o perspectógrafo é uma primeira dimensão que leva à geração do instrumento. Mas, podemos considerar também a hipótese de utilização do aparelho como elemento ilustrativo, ou com uma função de representação. Se numa ação com o aparelho serão identificados os invariantes operatórios, em um processo de ilustração o objetivo é a materialização de noções

abstratas, como o quadro de referência, a altura do observador, etc. Ao se introduzir o perspectógrafo em uma situação de ensino, o primeiro processo evocado é aquele dos pesquisadores do século XVI, que conceberam a componente material. Uma segunda etapa consiste no reconhecimento pelo mestre das similaridades possíveis entre os conteúdos do saber e a representação material oferecida pelo aparelho. Finalmente, então pode-se iniciar o projeto pedagógico que incluirá o aparelho em uma ação, tendo o aluno como ator.

### 3.3.2 - mestre e aluno, mediado pelo instrumento

A particularidade deste caso reside no fato de que o instrumento mediatiza uma relação entre dois elementos humanos. Nas relações com o saber, este último ocupa necessariamente o polo objeto da ação de um sujeito, mas quando temos dois sujeitos no modelo podemos fazer uma leitura em ambos os sentidos. O mestre ocupará o polo objeto, se colocarmos em evidência o aluno enquanto sujeito da ação, e este último pode, por sua vez, se tornar o objeto de uma ação do mestre. De fato, esta relação recíproca tem sua origem na própria interpretação do contrato didático, existindo tanto na relação direta entre os dois sujeitos, como na relação mediada pelo instrumento.



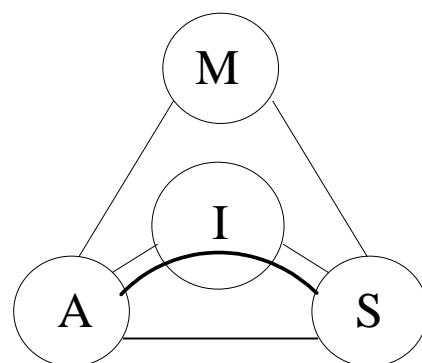
Relação mediadas: aluno e mestre

No sentido mestre aluno o uso do perspectógrafo pode ser considerado como uma função de persuasão. Na necessidade de fazer com que os alunos construam corretamente os invariantes operatórios, que concernem o efeito perspectivo, o mestre utiliza o aparelho, que permite a demonstração dos mesmos. Se servindo da possibilidade de ação ou de demonstração oferecidas pelo instrumento, ele servirá como um meio de expressão, utilizado pelo mestre, para estabelecer uma comunicação com o aluno. Analisando o ponto de vista do aluno, este não precisa *acreditar* nos argumentos do professor, pois ele terá, no aparelho, uma relação direta com a realidade do ambiente projetivo central, ainda que sob forma representada materialmente. Estes dois aspectos, a necessidade de convencer e a necessidade de crer, integram os aspectos do contrato didático, que são mediados pelo instrumento.

Considerando o processo de formação, ligado à relação mestre - aluno, o papel do instrumento seria de determinar uma desestabilização no saber do aluno, de maneira a gerar uma necessidade de aprender. O mestre provoca, através do instrumento, esta desestabilização nos conhecimentos anteriores do aluno para poder conduzir a reorganização que o aluno necessita. O aluno, e seu conhecimento, são o objeto de ação do mestre, que utiliza a atividade com o instrumento como um meio para atingir seus objetivos didáticos.

### 3.3.3 - aluno e saber, mediado pelo instrumento

Quando o perspectógrafo foi escolhido como aparelho, a vocação instrumental, a ser inserido na dinâmica da aprendizagem acreditou-se que ele deveria se colocar entre o aluno e o saber. Vimos, porém, que esta não é uma posição



Relação mediadas: aluno e saber

única, visto que o perspectógrafo estará dentro de uma situação didática e sujeito a diversas ações diferentes. A mediação da relação aluno e saber é porém onde identificamos o objetivo principal da opção por este processo de engenharia didática. O instrumento representa a possibilidade de desenvolver uma prática, de executar ações de perspectiva e de agir sobre os parâmetros que a regulam. Esta mediação visa à construção, ou à transformação, das referências e das representações do aluno, com relação ao saber em perspectiva. Sem a necessidade de conhecimento prévio, de conteúdo declarativo, o aluno encontra a possibilidade de realizar com sucesso seus desenhos. Isso determina uma experiência, favorecendo o desenvolvimento de um conhecimento procedural, uma vez que o trabalho com o aparelho requer a construção de esquemas ligados à ação. É definido, assim, um primeiro quadro de análise do conteúdo, no qual é possível abordar as primeiras noções da projeção central.

A intervenção mais importante trazida pelo perspectógrafo esta ligada à componente esquemática. A atividade com o aparelho requer do aluno uma organização de sua ação, de maneira a executar sua tarefa. Nesta organização são identificadas regras, restrições e invariantes ligadas à ação e que devem ser respeitadas na execução do trabalho. O resultado desta organização é um conjunto

de dados, identificados pelo aluno em ação, e que podem ser trabalhados pelo mestre, a partir de seu conteúdo procedural, sendo a base para a formulação de conhecimentos declarativos e mesmo científicos. Para tanto, será necessária a condução à uma mudança de quadro, adotando então aquele da geometria projetiva.

Os conceitos que se deseja construir são de natureza abstrata. O plano de referência da perspectiva não tem espessura nem limites. No perspectógrafo este plano é representado por um vidro. O aparelho permite ao aluno um contato com uma realidade concreta que, em sua evolução e na ação, pode assumir uma significação outra que aquela de elemento material. A evolução que se deseja operar, em um objetivo didático, é no sentido de abstração das noções apreendidas. Elas devem ser expandidas de modo a se tornar válida para uma classe de situações e não apenas para uma situação singular. Esta expansão do campo de validade de uma noção é uma condição para a construção de um conhecimento no aluno e, neste sentido, o jogo de quadros permite um caminho que tem seu início no quadro concreto da situação e considera a hipótese de que seja possível a evolução, conduzida pelo mestre, para um quadro abstrato.

### **3.4 - Os estatutos do instrumento em diferentes dinâmicas**

O modelo que acabamos de detalhar visa a criar uma ferramenta de análise de situações didáticas instrumentadas. Vimos algumas das formas como as relações destas situações podem ser influenciadas pela introdução do aparelho. Tendo em mente sua vocação instrumental, podemos identificar dinâmicas diferentes nas quais o instrumento irá adquirir estatutos distintos. Estas dinâmicas traduzem diferentes influências do mesmo, no que diz respeito à produção de desenhos em perspectiva, à produção de competência e à gestão do processo de ensino. Estes três processos não são excludentes, mas sua análise requer sua distinção, enquanto objetivos de ação. Ao se produzir uma perspectiva ela estará naturalmente no centro de uma ação didática, visando a transformação da competência do aluno. No entanto, as particularidades de cada uma destas dinâmicas permite distinguir o instrumento como um meio de mediação pragmática, no caso da ação direta com o aparelho, como um meio de transformação de competência, seja ela do aluno e mesmo do mestre, e como um meio de mediação epistêmica na gestão das situações didáticas. O estudo destas dinâmicas distintas

e interdependentes, sob a ótica do modelo SEI, será objeto de nossa atenção, tendo em vista o objetivo de determinar o papel que o instrumento pode representar, quando inserido em situações de ensino, objeto de análise da engenharia didática.

### **3.4.1 - Um meio de ação em perspectiva**

Consideramos como uma ação em perspectiva não apenas aquela em que, através do aparelho, é construída uma representação gráfica, mas também a possibilidade de gerenciamento dos parâmetros, que entram em cena para a obtenção de um efeito perspectivo. Ou seja, na ação de produção o objetivo é a execução de um desenho e ela parte de um conjunto de parâmetros decididos a priori. Na ação de gestão o ponto de partida é um desenho perspectivo finalizado e o objetivo é de buscar uma combinação de parâmetros, que poderiam ser a origem do desenho obtido. Em ambos os casos o sujeito se serve do aparelho para atingir o objeto de sua ação, ou seja, a deformação perspectiva.

Se fizermos uma análise dos elementos em questão, identificaremos os três pólos do modelo SAI (sujeito, instrumento e objeto) na figura do aluno, do perspectógrafo e da perspectiva. O sujeito age sobre a perspectiva de forma mediada pelo aparelho, ele produz um desenho, ou mesmo um conjunto de parâmetros, para obtenção de um desenho, agindo sobre o instrumento. No sentido inverso, a perspectiva, enquanto conteúdo de um saber, vai se expressar para o aluno como o resultado da ação sobre o aparelho. É no instrumento que o aluno fará a leitura de sua ação mediada. Na singularidade desta situação, a relação do aluno com o saber em perspectiva, terá como base a experiência prática e se traduz sob a forma de uma mediação pragmática. A figura do mestre se encontra distante da ação, mantendo porém, seu estatuto de gerenciador da situação. Sua intervenção ativa se situa em um momento precedente, onde a ação foi planejada e identificada, de forma a gerar no aluno possibilidade de identificação de objetos invariantes.

A atividade de ação com o aparelho integrará a experiência do sujeito psicológico e alimentará a atividade construtiva do mesmo, no plano do sujeito, produzindo e fazendo evoluir sua própria competência. Em uma análise de construção de

competência<sup>84</sup>, considera-se a atividade do sujeito inserido em um contexto social e coletivo, onde são definidas situações de atividade. Na singularidade da situação de ação com o aparelho, a atividade do aluno é individual, não sendo sujeita às influências nem das competências provenientes de um plano coletivo, nem do conhecimento formalizado de carácter social. Assim, na ação, a mediação restará à nível pragmático, uma vez que nenhum saber formalizado a integra de forma explícita, ainda que se possa evocar sua existência implícita. Para que uma relação epistêmica tenha início, o aluno deve ser conduzido pelo mestre, que age assim na gestão do processo de aprendizagem.

A introdução do perspectógrafo como mediador da relação aluno perspectiva adquire as características de um processo de instrumentalização. O aparelho se volta para o objeto de ação, modificando suas relações com o sujeito. Se, por exemplo, na execução de uma perspectiva um dos primeiros passos metodológicos exige que se determine o ponto de fuga, na ação com o instrumento este procedimento formal não adquire a mesma importância.

O potencial de simulação do aparelho faz com que o ponto de fuga esteja presente na ação, mas sua caracterização esta implícita. As linhas do objeto, representado através do perspectógrafo, irão convergir para o ponto de fuga, independentemente dele ter sido ou não materializado através de procedimentos geométricos. Pode-se mesmo determiná-lo no aparelho, mas este procedimento não é uma condição para a execução da tarefa, como o seria sem o uso do aparelho. Justamente este potencial de simulação do aparelho que transforma a ação, reduzindo a necessidade de determinações geométricas, é um fator que restringe a mediação da ação a um nível pragmático. Ele media a relação entre o aluno e a perspectiva na sua forma prática, diminuindo significativamente a necessidade de elaborações epistêmicas, ainda que o conteúdo destas últimas integre a prática na ação de forma implícita. Pode-se referir mesmo a uma mediação em ato, se considerarmos que o resultado da ação, enquanto transformação do conhecimento do aluno, pode não comportar formulações verbais, ainda que seus efeitos possam ser identificados na ação.

### **3.4.2 - A transformação de competência**

---

<sup>84</sup> Samurçay, R., Rabardel, P. (1995) Compétences au travail: réflexions pour un cadre théorique constructiviste, in: 2nd work process knowledge meeting, Paris.

Para se estudar o papel do instrumento como um meio no processo de transformação de competência, devemos definir esta noção, ainda que de maneira breve. Alguns autores a consideram como um conceito, que não é clássico em ergonomia<sup>85</sup>. De fato, a competência é uma característica do indivíduo e a análise da atividade se propõe a descrever as ações efetuadas pelo operador, sem avaliar ele mesmo mas o trabalho desenvolvido<sup>86</sup>. No entanto, nesta análise observa-se, segundo Monteiro, três aspectos determinantes para a competência: a planificação, a representação e os raciocínios do homem no trabalho.

O conceito de competência é encontrado em estudos de formação e qualificação, pois ele faz parte das condições internas do sujeito, que condicionam a aprendizagem.

Leplat a define como conjuntos estáveis do saber e saber-fazer, formas de conduta, processos-padrões que se pode colocar em ação sem aprendizagem nova, elas sedimentam e estruturam aquisições da história profissional, permitindo a antecipação de fenômenos<sup>87</sup>. Alguns estudos chegam a definir, erroneamente, competência como a memória.

Ainda segundo Leplat, as características da competência podem ser definidas através de quatro aspectos: a finalidade, o aprendizado, a organização e sua natureza abstrata. Pode-se dizer que a competência tem uma finalidade, pois ela se destina à resolução de um tipo de objetivo, a execução de uma tarefa. Por isso, define-se uma *competência para* a realização de uma tarefa. A definição da amplitude de seu fim apresenta um grau de dificuldade. Este traço característico é importante, pois a definição da tarefa é uma condição para a análise da competência do indivíduo. E ainda assim, a modificação da tarefa pode determinar uma maior ou menor competência para resolução das alterações. O fato do indivíduo apresentar competência para o trabalho em geometria projetiva, não faz com que, automaticamente, ele também apresente competência em perspectiva. Sendo que regras, conceitos e sistemas de significados de ambos os modos

---

<sup>85</sup> De Montmollin em Amalberti, De Montmollin e Theureau (1991) *Modèles en analyse du travail*, Mardago, Liège.

<sup>86</sup> Monteiro, R. (1994) Controle de atividade utilizando algoritmos genéticos construtivistas. Proposta de tese. PPGE/UFSC, Florianópolis.

<sup>87</sup> Leplat, J. (1991) Competence et ergonomie, in: *Modèles en analyse du travail*, Mardago, Liège, p.263 a 278.



geométricos são de mesma natureza, alterando-se apenas a definição abstrata do ponto de vista.

Uma segunda característica da competência, de interesse particular para este estudo, é de que ela pode ser aprendida. A competência não é natural desta ou daquela pessoa. Ela é adquirida, seja por meio de treinamento específico para uma tarefa, seja pela experiência em ação. Um indivíduo pode ser capaz de explicitar parte de seu conhecimento e transmiti-lo para outra pessoa. De um modo geral, isso ocorre com instruções técnicas precisas. Existe porém um certo conjunto de decisões que podem ser identificadas através de observações na ação e que não são verbalizáveis. Leplat as chama de competências tácitas. O aprendizado de competência fica bastante evidente quando se refere a especialistas e iniciantes e a comparação de suas estratégias de trabalho. No trabalho sobre a projeção central perspectiva, muitas decisões são tomadas, enquanto estratégias de definição da forma, levando em consideração as restrições de precisão que o método impõe. O iniciante, que ainda não teve uma experiência suficiente para identificar estas restrições, freqüentemente se lança num traçado de baixa eficiência, onde ele não consegue uma boa definição da forma. As restrições não são objeto de ensino, uma vez que elas são relativas à prática do trabalho e não ao conhecimento formalizado. Elas são identificáveis e construídas através da ação e da experiência.

Assim como as estruturas cognitivas, as competências são organizadas. Elas guardam uma similaridade com as estruturas esquemáticas de Piaget, que se organizam para a realização de um objetivo. Também como os esquemas, elas tem características hierarquizadas. As competências elementares se organizam em competência de ordem superior. À medida que se organizam vão se tornando mais e mais especializadas e elevam o nível de competência para aquela tarefa estabelecida. Na construção de uma hierarquia, pequenas mudanças podem ser feitas nos objetos "aproveitando" a competência existente. Ao se compreender a organização das hierarquias, pode-se inferir formas de desenvolvimento de competência para outros setores da tarefa ou tarefas. Relembrando Piaget, e a modificação dos esquemas, podemos considerar a hipótese de que as estruturas da competência podem ser transformadas permitindo ao indivíduo desenvolvê-la para outras tarefas, ou para famílias de tarefas. Assim, Samurçay e Rabardel<sup>88</sup> definem o desenvolvimento de competência, a partir da análise do modelo

Compety, onde o eixo das situações explica a generalização, ou de extensão de situações. Este modelo considera uma interdependência entre entidades cognitivas diversas, constitutivas da competência. Ele será abordado com mais detalhes oportunamente.

A competência é, por natureza, não observável. Portanto, pode-se obter apenas uma noção abstrata e hipotética de sua existência. Para fazer inferências sobre a competência, se observa algumas manifestações na forma de sucesso e fracasso em uma tarefa. Porém, nestes tipos de testes apenas o resultado pode ser analisado. O efeito pode ser o mesmo entre indivíduos que obtiveram o mesmo número de respostas corretas, mas estes indivíduos podem ter se servido de conhecimentos e estratégias diferentes, o que caracteriza uma diferença em termos de competência e que é dificilmente determinável com precisão. Ou seja, para desempenhar eficazmente uma tarefa estabelecida, podem ser utilizadas diversas estratégias, determinando uma competência diferente. Podemos usar como referência a este traço de competência, a execução de uma perspectiva de uma peça composta<sup>89</sup>. O desenho final (Figura 18.a) será o mesmo, mas ele pode ser o resultado da adoção de uma estratégia de justaposição, em (b) e (c), ou por subtração volumétrica, em (d). Estas duas formas de construção da representação gráfica determinam raciocínios diferentes, resultando em um mesmo produto final. Os motivos que levam os indivíduos a adotar esta ou aquela estratégia, devem ser investigados para que se possa identificar a estrutura de sua competência. O que se levanta com esta investigação é a representação que o indivíduo construiu do problema proposto, e mesmo que tipo de operação ele executou mentalmente, antes de implementar seu desenho. O conceito de representação, também abstrato, serve de suporte ao desenvolvimento de competência, e a tarefa pode ser satisfeita com competências diferentes

---

<sup>88</sup> Samurçay, R. Rabardel, P. (1995) *Compétences au travail: réflexions pour un cadre théorique constructiviste*, in: 2nd work process knowledge meeting, opus. cit.

<sup>89</sup> Chama-se peça composta pois é obtida pela justaposição de elementos básicos, cubo, paralelogramo, pirâmide...

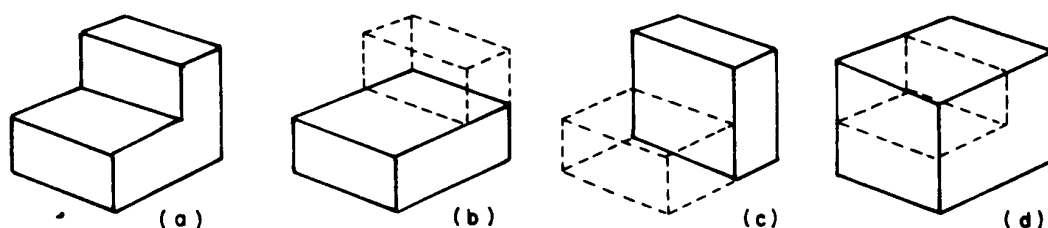


Figura 18 - Diferentes estratégias para execução de perspectiva de elemento composto

Vimos que a competência é uma característica interna do indivíduo, que condiciona a execução de uma tarefa. Em uma análise do trabalho, pode-se mesmo falar em competências coletivas, que agem sobre as competências individuais do sujeito, assim como os conhecimentos externos de diferentes níveis: científico, técnico e pragmático, aos quais o sujeito pode aceder através da mediação humana, ou de artefatos. No entanto, não se pode fazer uma simples correspondência entre a tarefa e a competência, pois para uma mesma tarefa diferentes competências podem se mostrar eficientes. A generalização é uma tendência que deve ser implementada com cautela. O fato de um indivíduo apresentar competência para a execução de uma tarefa particular, não indica que ele será competente para a execução de uma outra semelhante. Isto porque apesar de serem parecidas, as tarefas não são as mesmas.

De um modo geral as competências são finalizadas, existindo sob a forma de "competência para...", e isso indica que não se pode aventurar em nenhum tipo de generalização. No entanto, se observa que a competência para uma determinada tarefa pode facilitar a aprendizagem de outras tarefas. De fato, pelos princípios construtivistas já apresentados, não se pode considerar o conhecimento, ou a competência, como uma justaposição, tal como os behavioristas o tratam, e o aprimoramento de uma estrutura de competência pode conduzir à reestruturação de outras.

Se a competência é específica ou geral ainda se discute largamente, principalmente por ser um conceito relativamente novo em ergonomia. Tem avançado a idéia de que a "competência do tipo cognitivo consistiria de algumas

competências gerais, mais o conhecimento específico de assuntos particulares"<sup>90</sup> Caso se confirme a característica geral, então pode-se pensar em um ensino particular. Se um indivíduo apresenta competência para expressão no espaço projetivo (competência geral), ele pode se dedicar mais profundamente ao sistema tri-projetivo ou uni-projetivo (assuntos particulares). Uma vez que as estruturas de conhecimento podem ser aprimoradas, este indivíduo poderia, com um certo treinamento, desenvolver competência para trabalhar sombras (outro assunto que apresenta similaridade a nível de conteúdo).

Toda avaliação de competência, mesmo quando específica, à uma tarefa, é complexa, pois ela é abstrata e não observável. A aquisição de competência para uma tarefa específica é possível, e a análise destas questões é fundamental, quando se refere a processos de formação. Tais questões não são indiferentes à ergonomia, pode-se referir à ergonomia de formação, que visa a contribuir para o estudo e desenvolvimento de competências.

Com vistas à uma análise da articulação entre as competências e as situações, Samurçay e Rabardel formularam o modelo Compety apresentado na figura 19. Este modelo propõe uma análise das competências, considerando três tipos de entidades organizadas sobre três eixos: o eixo dos conceitos e representações, outro dos artefatos e ferramentas e um último eixo, com as entidades guias para a atividade. A organização em níveis é definida em função de um eixo principal, aquele da construção de classes mais e mais genéricas de situações. Os autores consideram que a atividade observável em situações singulares, pode se realizar pela mobilização simultânea, ou sucessiva, de entidades contidas em diversos níveis de organização das representações, dos guias ou organizadores e dos

---

<sup>90</sup> Chipman (1985) citado por Leplat, J. (1991) Competence et ergonomia, in: Modèles en analyse du travail, opus cit. p.273.

instrumentos.

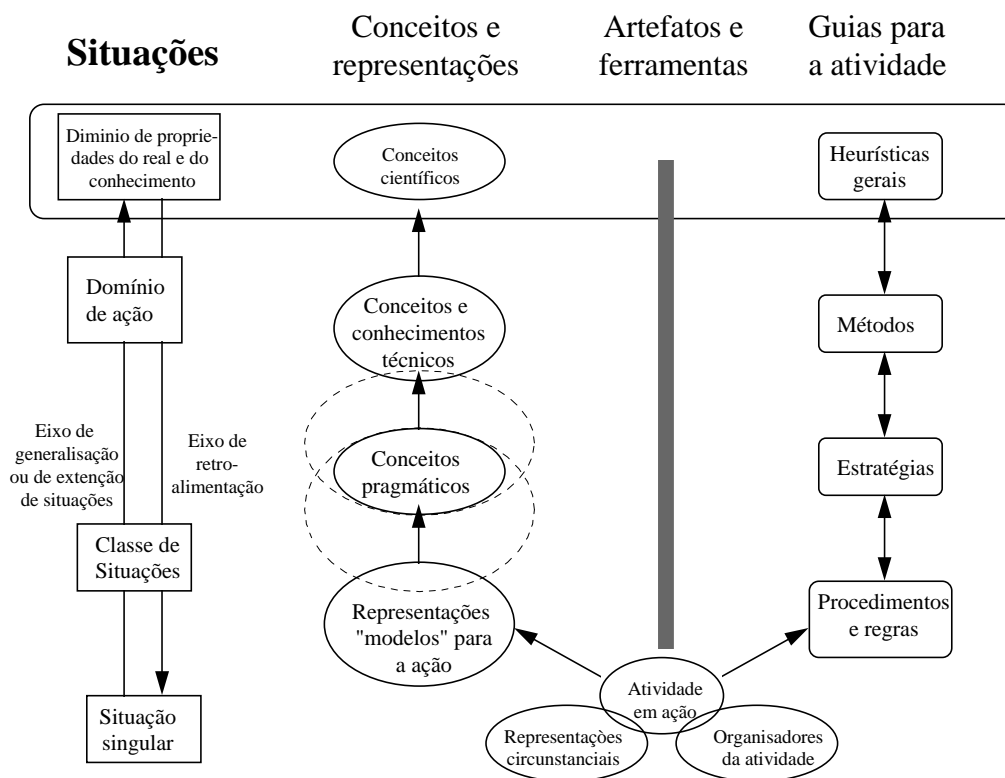


Figura 19 - Modelo Compety<sup>91</sup>

Os diferentes níveis considerados para definir as situações e as entidades não são absolutos, eles são sempre relativos.

O eixo das situações refere-se às situações de trabalho definidas como um conjunto de tarefas, objetos e ferramentas de trabalho. O primeiro nível é aquele das situações descritas em sua singularidade. O segundo nível corresponde à uma classe de situações construídas pela elaboração, ou pela utilização, dos invariantes da ação. A passagem entre o primeiro e o segundo nível pode seguir dois processos, alternativos ou simultâneos. Estes processos são os mesmos que indica Georges, quando distingue duas formas básicas de aprendizagem: pela ação e pelo tutorato.

Podemos considerar dois tipos de construção de classes de situação, uma pela ação e em situações de ação, onde se constrói uma relação entre as características

<sup>91</sup> Samurçay, R. Rabardel, P. (1995) Compétences au travail: réflexions pour un cadre théorique constructiviste, in: 2nd work process knowledge meeting, opus. cit.

e as propriedades das situações e aquelas das ações eficazes, que permitem tratá-las, mesmo se estas últimas são limitadas a uma classe restrita de situações. Um segundo tipo de construção de classes de situação, se faz pela aquisição de conceitos ou invariantes da representação, que servem de ferramenta para a sua construção. Estes conceitos não são necessariamente identificáveis na ação e a necessidade dos mesmos leva a um desvio na ação, para que seja possível o processo de conceptualização. O terceiro nível no eixo das situações corresponde ao domínio da ação, que consiste num conjunto de classes de situação que caracterizam um campo profissional. Finalmente, o quarto nível é aquele do domínio de propriedades do real e do conhecimento, que corresponde às caracterizações de situações provenientes de uma parte dos elementos da representação de relação epistêmica com o real, e de outra parte, dos elementos organizadores, ou guias, que mantém com o mesmo uma relação pragmática.

Os três eixos de entidades cognitivas e sua articulação, em termos de nível para a análise e a descrição de competências, representam uma organização proposta pelos autores, no sentido de possibilitar sua teorização. Estas entidades existem de maneira articulada entre si, a nível do sujeito, e na atividade em que ele executa em situação de trabalho.

Nas situações singulares encontra-se a parte visível de toda atividade, onde se mobilizam as representações e os esquemas organizadores da ação. No que se refere ao eixo dos artefatos e ferramentas, eles ganham um estatuto de entidade fonte, a partir do qual podem ser organizados os instrumentos, à nível do sujeito, tendo como origem o plano de representações e de entidades organizadoras da ação, ou os artefatos externos ao sujeito. Esta distinção coloca em evidência uma distinção entre instrumentos ditos « externos » ao sujeito e aqueles passíveis de interiorização. No caso de artefatos que não se incluem em uma classificação material, como é o caso da geometria projetiva, eles podem ser interiorizados ou eles permitem uma reconstrução interna ao sujeito. O recurso à simulação material privilegia a exteriorização do artefato, no sentido de conduzir à sua construção interna.

No que se refere às representações mobilizadas em situações singulares, elas naturalmente se manifestam de maneira circunstancial, recorrendo porém, às estruturas estáveis e pertinentes para o tratamento da situação. Esta mobilização é

função do nível de competência do indivíduo, com relação à tarefa e ao uso do instrumento. O desenvolvimento da ação pode ser guiado simultaneamente por um plano consciente que sofre o controle das representações, e por um plano inconsciente que tende a um controle a partir das unidades organizadoras da ação. Neste segundo caso não se elimina a influência das representações no controle da ação, mas elas podem ser consideradas integradas aos esquemas, de maneira a não serem evocadas explicitamente, ainda que implicitamente elas continuem sendo fonte de competência. O nível inconsciente corresponde aos automatismos definidos por Leplat.

As representações para a ação, ou representações modelos, incluem as características invariantes pertinentes para uma classe de situações. No eixo dos elementos guias para a atividade, estas representações se relacionam com entidades organizadoras que assumem a forma de procedimentos e regras, incluindo os meios, restrições a execução e o controle, cuja validade é aquela da classe de situação de forma articulada às representações e aos instrumentos colocados em ação. Os conceitos pragmáticos se situam em um nível intermediário entre as representações modelos e os conceitos técnicos. Eles tem sua origem nas situações de ação. Samurçay e Rabardel os definem como elementos que designam as características conceituais invariantes de classes de situação operacionais para a ação, eles permitem também a representação de situações potencialmente possíveis ainda não encontradas e a descoberta de propriedades e relações que não são acessíveis diretamente em situações de ação. Com relação aos conceitos técnicos, eles se situam a um nível mais específico que aquele do domínio de ação, pois seu domínio de validade matem-se restrito pelas classes de situação tratadas na atividade específica. Os esquemas organizadores que se manifestam neste nível se caracterizam por estratégias tratadas como nível intermediário entre os métodos e os procedimentos. As estratégias funcionam como guia na seleção das regras e procedimentos e na determinação de sua aplicabilidade.

Os conceitos e conhecimentos técnicos têm sua origem, seja na sistematização dos conceitos pragmáticos, ou em um procedimentos sistemáticos de construção social, próximos daquele dos procedimentos científicos. A nível de elementos organizadores da atividade, os métodos correspondem à uma sistematização de estratégias eficazes. Este nível do modelo contempla a atividade profissional e

extrapola o nível de conceptualização individual. A interiorização de métodos, de conceitos técnicos e a apropriação dos instrumentos em questão requer uma ação formativa específica. Os métodos em si não são capazes de garantir, como no caso das estratégias, a obtenção de uma solução, eles guiam porém sua pesquisa organizando a atividade de forma sistemática. Como exemplo pode-se referir aos métodos de programação, de concepção ou no domínio da gestão de crises onde os métodos se mostram como ferramentas particularmente eficazes, uma vez que não existe uma solução única ao problema, mas uma variedades de possibilidades, dentre as quais, o sujeito deve procurar uma solução ótima. Mesmo na perspectiva podemos obter um mesmo resultado através de diversas estratégias. A escolha da melhor estratégia, levando em consideração a precisão, os passos necessários, etc. é guiada por um método perspectivo que não é fruto da ação deste ou daquele indivíduo, mas resultado de um processo de sistematização social.

No último nível indicado no modelo Compety encontramos os conceitos científicos que, sendo válidos para diferentes domínios de situação, funciona como uma fonte em sua relação com os outros níveis do eixo dos conceitos e representações. Eles alimentam e enriquecem os níveis inferiores e constituem uma passagem obrigatória para o desenvolvimento de competências específicas, para o uso de ferramentas e instrumentos. No que se refere ao eixo dos elementos organizadores da atividade encontramos as heurísticas gerais que, segundo os autores, funcionam como base de orientação bastante genéricas, que guiam a atividade, principalmente, no que se refere a seus objetivos gerais.

A proposta do modelo Compety visava a criar uma ferramenta para permitir a descrição dos elementos da competência, elementos estes utilizados em uma situação particular, dos processos de construção individual de competência e, eventualmente, para descrever o processo de construção social. Uma vez que o aspecto instrumental é contemplado em sua estrutura, este modelo se mostra compatível ao estudo da evolução da competência, particularmente na dinâmica de ensino objeto deste estudo e neste sentido ele será adotado como modelo integrante de nossas ferramentas de análise.

### **3.4.3 - A gestão do processo de ensino**



A terceira dinâmica que será objeto de estudo implica na mediação epistêmica da relação entre o mestre e o aluno. Entre estes dois elementos do modelo didático se estabelece o contrato didático e o mestre assume o papel de gerenciador do processo de ensino. O instrumento que media esta relação é o perspectógrafo e o objeto da ação é a aprendizagem da perspectiva junto ao aluno. Este é o objetivo do mestre e onde ele aplica sua ação permitindo emergir do artefato seu estatuto de instrumento. A situação se caracteriza por uma transferência de conhecimento e pela condução da atividade construtiva junto ao aluno. Esta condução visa a favorecer uma associação entre o instrumento material, representado pelo perspectógrafo, e o instrumento abstrato da perspectiva. Assim, o enfoque tende para uma relação a conteúdo teórico, tendo porém como base, as construções a conteúdo pragmático, geradas pela ação em perspectiva. Neste sentido, pode-se distinguir o primeiro quadro definido em um ambiente natural, pelo instrumento, e o segundo, construído pela condução do mestre, onde se estabelece as bases para uma relação epistemológica com a perspectiva.

As estratégias que podem ser adotadas pelo mestre o permite atribuir novas funções ao aparelho, de maneira a utilizá-lo como um meio de ilustração. Neste caso, a ação não será feita diretamente sobre o artefato mas ele assume o papel de representante material de uma noção abstrata. O mestre faria referência a uma noção abstrata, como o ponto de observação, utilizando o anel metálico como representante material da mesma. Assim se estabelece o primeiro jogo de quadros, onde a relação entre o artefato e o conteúdo que ele representa adquire o estatuto de uma mediação epistêmica, uma vez que ela introduz o aluno no universo abstrato e teórico do conteúdo perspectivo.

Na condução do processo de ensino o mestre estará interferindo na construção da competência do aluno. Assim ele identifica, ou mesmo estimula, a criação, pelo aluno, dos conceitos em ato ou pragmáticos para poder conduzir sua transformação, ou evolução, para o nível de conceitos e conhecimentos técnicos. E neste sentido ele pode ainda atribuir ao aparelho uma outra função, a de controle das antecipações do aluno com relação a um arranjo predeterminado. O professor solicita do aluno uma previsão sobre um efeito perspectivo e o convida a verificá-la sobre o instrumento. Desta forma, ele provoca a confrontação direta entre a representação do aluno e aquela oferecida pelo aparelho, criando assim um espaço de ação na gestão da construção do conhecimento.

Através destes dois exemplos identificamos outros estatutos, que pode adquirir o instrumento, desta vez sob o enfoque da engenharia didática, que aborda a dinâmica da gestão do processo de ensino. Eles se referem às estratégias adotadas pelo mestre em sua ação didática, visando a construção do conhecimento do aluno, através da transformação de um instrumento material em um instrumento abstrato e interiorizado. Esta relação de carácter epistêmico intervém no gerenciamento das situações de ensino e reflete os aspectos, levantados por Douady, da dialética ferramenta-objeto.

### **3.5 - A perspectiva como instrumento, a transformação da ferramenta**

A partir das formulações do modelo Compety, identificamos os artefatos e ferramentas como um dos eixos das entidades cognitivas integrantes da competência. Ao analisarmos a atividade com o perspectógrafo no modelo SAI (p.32), já colocávamos em evidência a condição instrumental com relação à situação, ou seja, que o estatuto de instrumento não é uma característica do artefato, mas uma relação que se desenvolve à partir da situação de ação. Assim foi possível identificar diversos artefatos, que poderiam adquirir o estatuto de instrumento e que entram em ação na dinâmica de uma aprendizagem. O desenvolvimento do eixo dos instrumentos do modelo Compety introduz uma dimensão temporal, ou histórica, na análise da evolução de competência, que se mostra adequada para o enquadramento dos diversos artefatos mencionados anteriormente (instrumentos de desenho, perspectiva enquanto instrumento, perspectógrafo...).

Retomando o eixo dos artefatos e ferramentas do modelo Compety e considerando suas extremidades como sendo de um lado uma *situação singular* e de outro, o *domínio de propriedades do real e do conhecimento* identificamos o perspectógrafo como um artefato que integra uma atividade em ação, em uma situação singular. Do outro lado, pode-se identificar a perspectiva enquanto instrumento definida por seu meio artefactual, ainda que abstrato, pelos conceitos científicos que lhe servem de suporte e as heurísticas gerais, que organizam a ação perspectiva. Entre estes dois extremos investigamos a hipótese de diversos níveis de apreensão da entidade instrumental associada à perspectiva. Inicialmente podemos colocar em evidência a natureza concreta do artefato perspectógrafo e abstrata do artefato

perspectivo. Entre os dois extremos do eixo das ferramentas os respectivos artefatos sofreram uma modificação de sua natureza. Esta modificação representa a parte visível das transformações, às quais são submetidos os instrumentos. A nível do sujeito, estas transformações tem início em um processo de reconstrução interna ao sujeito, tanto no que se refere ao plano das representações, como naquele dos elementos organizadores da ação. Dentro da atividade de perspectiva pode-se mesmo considerar diferentes níveis de instrumento interiorizado. Uma parte do conhecimento, desenvolvida em um estágio superior, pode servir como instrumento para resolver problemas particulares. Ao mesmo tempo, estes conhecimentos ocupam a posição de objeto para as atividades construtivas do sujeito, em um esforço de desenvolvimento de suas representações, de conceptualização da situação e dos organizadores da ação<sup>92</sup>. Assim, a engenharia didática, implementada por Doaudy, considera a dialética ferramenta-objeto em suas fases cíclicas e evolutivas, onde um conceito construído, objeto da construção do aluno, se torna um « antigo », ou uma ferramenta, para a construção de um novo conceito, reiniciando assim o ciclo da dialética.

Considerando a vocação à simulação do aparelho, elaborado para este estudo, uma ação com o instrumento permite uma passagem entre o espaço real e o espaço gráfico. Entre os dois espaços, ou quadros, encontramos novamente a relação entre a natureza concreta do espaço real e o conteúdo abstrato de uma representação gráfica. A compreensão desta transformação, assim como daquelas que descrevemos anteriormente, deve permitir um detalhamento mais preciso do papel do instrumento dentro das dinâmicas da ação, da geração de competência e da gestão do processo de ensino. Os testes de campo que foram implementados, visavam a busca de indícios que permitissem validar os objetivos traçados. A descrição dos mesmos, assim como a análise de seus resultados, sob a ótica do modelo SEI e Compety, constituem o objeto do próximo capítulo.

---

<sup>92</sup> Samurçay, R. Rabardel, P. (1995) Compétences au travail: réflexions pour un cadre théorique constructiviste, in: 2nd work process knowledge meeting, opus. cit.

## Capítulo 4

### A aplicação do modelo de Situações de Ensino Instrumentado - SEI

#### **4.1 - Os experimentos, análise de situação e de competência**

No capítulo anterior foi proposto um modelo para a análise das interações entre os diversos elementos de uma situação de ensino instrumentada. Buscando a validação deste modelo, foram elaboradas algumas experiências. Na primeira delas o perspectógrafo é incorporado na ação, utilizado enquanto meio de produção de representações gráficas, na segunda ele é avaliado enquanto instrumento de gestão de parâmetros permitindo o controle dos mesmos. Na última experiência avalia-se o uso do instrumento na gestão do ensino, enquanto meio de simulação e de ilustração do ambiente projetivo. Cada uma destas abordagens resultou em um conjunto de dados, que serão analisados nas três partes que compõem este capítulo. Para cada experimentação apresentaremos inicialmente as condicionantes pragmáticas de sua execução, seguida dos dados obtidos que serão analisados sob a ótica do modelo de Situações de Ensino Instrumentada - SEI. Finalmente, será feita uma avaliação da evolução das estruturas cognitivas integrantes da competência, a partir dos eixos dos conceitos, dos instrumentos e dos elementos organizadores da ação, seguindo a organização proposta pelo modelo Compety.

Os experimentos foram implementados no Liceu Jean Jacques Rousseau na, cidade de Montmorency, nos subúrbios de Paris. O grupo de alunos, objeto das experimentações, compunha a turma de opção em Artes Plásticas a cargo de Madame Darras. A idade dos alunos submetidos aos experimentos variava entre 14 e 18 anos.

## 4.2 - O instrumento e a produção de representações gráficas

O primeiro experimento visava a expor os alunos a uma ação no domínio da perspectiva, sem tomar necessariamente consciência de seu conteúdo teórico. Antes de propor ao aluno a execução de um desenho sobre o aparelho, buscou-se a obtenção de indícios do conteúdo das representações anteriores, que o mesmo dispõe com relação à representação gráfica de objetos, colocando os alunos em relação direta com o seu próprio conhecimento. Em seguida, eles eram expostos à uma ação nas quais as condicionantes da perspectiva, assim como outras de origem do artefato tecnológico, iriam restringir a atividade. Na segunda ação a relação continua sendo entre o aluno e seu conhecimento, mas agora ele é mediado pelo instrumento. Finalmente, em uma última etapa deste experimento, os alunos são convidados a produzir uma nova representação gráfica, sem o uso do aparelho, mas levando em consideração o resultado da ação gráfica executada sobre o mesmo.

As seções de levantamento de dados ocorreram de forma paralela ao curso de atelier. A impossibilidade de obtenção de sala e de um responsável do Liceu, acompanhando os experimentos de maneira particular, aliada aos horários disponíveis dos alunos, foi uma condicionante pragmática que nos levou a executar as seções de coleta de dados, ao mesmo tempo em que os trabalhos de artes plásticas eram executados e orientados por Madame Darras. Nos foi reservado um espaço na sala de Artes Plásticas para instalar o equipamento de gravação, de modo a captar as imagens do aparelho e do sujeito que o utilizava. As ações de desenho que foram executadas sem o aparelho não foram gravadas. Elas aconteciam de forma concomitante às ações com o aparelho. Os diversos ruídos produzidos na sala, as discussões paralelas, o arrastar de cadeiras... dificultaram o registro de todas as verbalizações ocorridas. De uma maneira geral, não foi possível contar sistematicamente com o conteúdo dos diálogos como fonte de dados.

Este primeiro experimento pode ser caracterizado por três ações distintas. A primeira delas consiste em uma antecipação, da qual visava-se obter os indícios de uma representação preexistente ligados ao processo de « descentração » e de representação gráfica de objetos. Nesta ação o aparelho foi utilizado como referência na apresentação dos dados relativos à tarefa prescrita. Seu estatuto era de fonte de informações para a atividade. O aparelho constitui a única referência

material oferecida ao aluno que disporia, além desta, unicamente de seu próprio conhecimento sobre a representação gráfica para executar sua tarefa. A prescrição da tarefa foi feita por escrito, e o aluno era solicitado a « desenhar a caixa de papelão imaginando a visão que você poderia ter se você tivesse seu olho fixo na posição do anel ». A caixa de papelão e o anel, a que se referem a prescrição se encontravam diante do aluno (conforme esquema da figura 20), porém o mesmo não ocupava a posição de observação (olho fixo no anel), que deveria ser levada em consideração na execução do desenho. Para executar a tarefa os alunos dispunham de lápis, borracha e de régua.

A adoção da régua era facultativa e não foi objeto de nenhuma especificação. Não havia também restrições quanto ao tempo de execução.

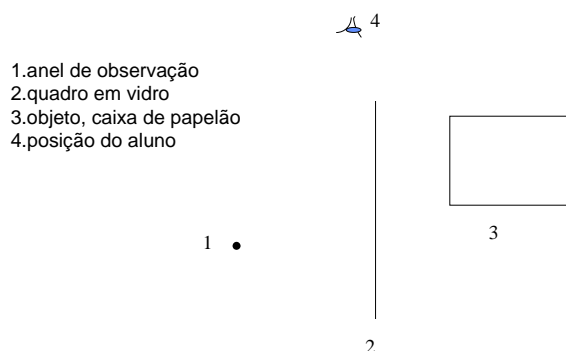


Figura 20 - Esquema de disposição entre o aluno e o aparelho no momento de prescrição da primeira ação

A segunda ação consistia na execução de uma representação gráfica. O objetivo da ação era de colocar o aluno em relação

com a perspectiva de uma maneira não explícita. Uma vez que o aparelho o permitia, o objetivo era de fazer construir uma perspectiva sem a necessidade de nenhum conhecimento de regras ou conceitos ligados à técnica. O aparelho adquire então o estatuto de meio de produção, mediando a relação entre o sujeito e o saber, mesmo que não seja possível considerá-lo como um saber científico.

Foi escolhida uma tarefa cujo tempo de execução não excedesse a 10 minutos. Esta limitação estaria ligada à necessidade de desenhar sobre uma superfície vertical. Os braços do sujeito que desenha se mantêm sobre tensão durante a ação, e uma fadiga poderia prejudicar a qualidade dos desenhos produzidos e perturbar sua análise. A tarefa prescrita consiste em executar o desenho, sobre uma transparência que foi colada sobre o vidro do aparelho, da mesma caixa de papelão utilizada para a primeira ação. A caixa ocupava uma posição paralela ao plano de vidro do aparelho de modo a gerar, no desenho em perspectiva, apenas um ponto de fuga. A figura 21 apresenta uma foto, onde a caixa de papelão ocupa a posição de objeto a ser representado com relação ao plano de vidro e ao observador. A vinculação conceitual entre a primeira ação, dita de antecipação, e a ação de produção, está no fato de que, primeiramente, o sujeito deveria prever o resultado, em termos de representação gráfica, de uma posição de observação

para, em seguida, ocupar esta posição ele mesmo e realizar a ação de produção do desenho.



Figura 21 - Foto do perspectógrafo, arranjo para a ação em perspectiva

A prescrição da tarefa era feita verbalmente e em presença do aparelho ao qual se fazia referência. A seguinte transcrição contempla um diálogo de prescrição da segunda ação:

- Olhando através deste anel, você deve desenhar aquilo que você vê desta caixa. Você deve utilizar esta régua, e você deve utilizar esta caneta, o.k.? Inicialmente é isso, você deve desenhar e é tudo.*
- O.k.! Mas eu desenho onde?*
- Você desenha lá (indicando a folha de papel transparente).*
- Sobre esta folha?*
- Sobre esta folha, ok?*
- Mantendo meu olho fixo no anel...*
- Sim.*

O uso da régua passa a fazer parte da prescrição, não havendo, porém, restrição de tempo para a realização da tarefa. O resultado desta atividade, enquanto produção gráfica, é uma perspectiva de ponto de fuga único. As superfícies que se mantiveram paralelas ao plano do vidro conservam seus ângulos retos e sofrem uma redução de tamanho, já que ela não estava justaposta ao vidro. As superfícies que ocupavam uma posição perpendicular ao vidro sofreram uma deformação de ângulos. Na figura 22 apresentamos o resultado gráfico contemplando, através dos

números, o encaminhamento escolhido por um dos alunos, para o traçado das linhas e a direção em que ela foi traçada, representada pela direção das flechas.

A terceira ação desta experimentação consistia na execução de uma segunda antecipação. Desta vez o aluno era solicitado a prever a representação gráfica

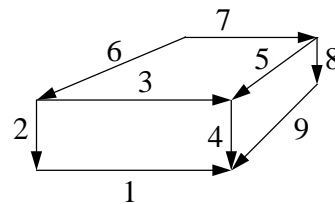


Figura 22 - Desenho produzido sobre o aparelho  
Os números indicam a ordem do desenho e as flechas a direção em que as linhas foram desenhadas

de uma segunda caixa de papelão, de mesmas dimensões, colocada ao lado da primeira caixa. A figura 23 apresenta a posição da segunda caixa com relação à primeira e com relação ao plano de vidro. Esta nova posição consiste em uma rotação de  $90^\circ$  com relação à primeira caixa. Para executar esta ação o aluno não teria o direito de acesso ao aparelho. Em princípio ele teria à sua disposição as informações necessárias e suficientes para obter um bom resultado. A escolha de uma segunda caixa, de mesmas dimensões, se deve à possibilidade de conservação de medidas. A prescrição da terceira ação desta experimentação consiste em prever a representação gráfica da segunda caixa, usando como referência o desenho produzido quando da ação sobre o aparelho. Considerando que a segunda caixa foi colocada exatamente ao lado da primeira, guardando as mesmas relações com o plano de vidro, seria possível determinar sua representação gráfica, a partir da determinação do ponto de fuga e da utilização das informações contidas no desenho produzido sobre o aparelho.

A prescrição era novamente passada de forma verbal e novamente haveria uma restrição, considerando a obrigatoriedade do uso da régua. Transcrevemos a seguir o diálogo produzido quando da prescrição da terceira ação da primeira experimentação:

- *Agora você vai fazer o seguinte, eu vou colocar uma outra caixa, de mesmo tamanho, exatamente ao lado.*
- *O.k. (o sujeito procura olhar através do anel)*
- *Mas agora você não vai mais desenhar sobre o perspectógrafo, você deve desenhar sobre tua mesa.*
- *(No momento em que o papel transparente iria ser retirado no vidro, o aluno tenta novamente observar o conjunto através do anel)*
- *Se você quiser você pode olhar...*
- *Sim? Seria talvez mais fácil...?*
- *Para que você se sinta livre para modificar teu desenho, se você acredita que ele não está correto, vamos colocar uma segunda transparência sobre a primeira e vamos ligá-las assim (as transparências são coladas com fita adesiva). Você pode agora desenhar e apagar sem que você precise modificar o que você acabou de fazer com o aparelho. O.k.?*



- O.k.
- *Agora você pode utilizar esta caneta. O traço dela pode ser apagado.*
- O.k.



Figura 23 - Foto do perspectógrafo - arranjo para a segunda antecipação

A execução da segunda antecipação, sobre a mesma folha onde foi executado a perspectiva com a ajuda do aparelho, coloca a disposição do sujeito três fontes de informação para a execução do desenho. A primeira fonte de informações se encontra na própria prescrição da tarefa. Quando se comenta que a segunda caixa tem o mesmo tamanho da primeira, estaríamos autorizando a busca de valores de medidas necessárias para a execução da tarefa no desenho executado antecipadamente. É preciso considerar que as informações da prescrição terão seu efeito sobre a representação que o aluno mantém a respeito da atividade e será nesta representação que o aluno vai buscar as informações que ele julgar necessárias. A segunda fonte de dados está no próprio desenho que se encontra sobre a folha, o desenho produzido pela ação com o perspectógrafo e que chamamos de « referência ». É possível obter informações sobre a orientação das linhas a serem traçadas nesta segunda antecipação, a partir do desenho feito sobre o aparelho. Para identificar o invariante da convergência das linhas pode-se analisar a convergência que foi produzida na referência. Trata-se do ponto de fuga, que serve como ponto de convergência, tanto para a primeira como para a segunda caixa. A terceira fonte de dados se encontra na própria representação que o aluno

tem do processo de expressão gráfica, da tarefa prescrita, da relação entre os objetos, etc.

Segundo os critérios da perspectiva<sup>93</sup>, a conservação das linhas horizontais e verticais é o primeiro aspecto, e o mais comum, a ser considerado em uma produção gráfica deste gênero. É preciso considerar, porém, que estas linhas tem também um tamanho que pode ser obtido a partir da primeira fonte de dados, a prescrição. Em seguida é preciso dispor da competência para identificar o invariante da convergência. O segundo critério da perspectiva refere-se às linhas oblíquas, e ele deve considerar também o conteúdo do quarto critério, que indica que as linhas paralelas devem convergir. Segundo estes critérios, podemos observar nos desenhos produzidos, sua aquisição e qual fonte de dados foi privilegiada. Para concluir o desenho é preciso estabelecer a correta medida de profundidade da caixa. Ainda que se tenha informado o aluno sobre a equivalência de tamanho entre as duas caixas, é preciso saber identificar o índice de conservação de profundidade, que deve ser utilizado para finalizar o desenho. Esta informação tem sua origem na primeira fonte, mas o índice gráfico se encontra no desenho de referencia.

A figura 24 apresenta um esquema do desenho da segunda caixa. Os números indicam a ordem segundo a qual o sujeito em questão executou seu desenho e as flechas a direção escolhida para traçá-las. É importante destacar que a ordem do desenho não fazia parte de nenhuma prescrição e que cada aluno construía seu desenho seguindo suas próprias estratégias.

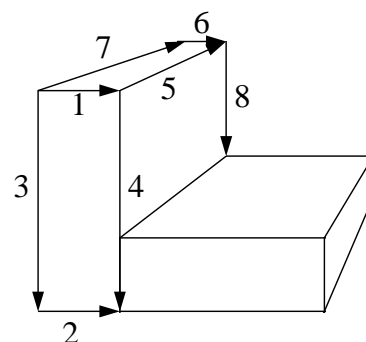


Figura 24 - Esquema de construção do desenho da segunda caixa

#### 4.2.1 - Análise dos dados obtidos nas três ações da primeira experimentação

Os dados obtidos na primeira antecipação consistem unicamente na produção gráfica. Para a segunda ação contamos com o desenho produzido no aparelho e o registro em vídeo da ação e de alguns diálogos. A terceira ação não foi objeto de

<sup>93</sup> Levandados por Guillermand e apresentados na página 14 deste trabalho

filmagens em vídeo e analisaremos seus dados a partir das produções gráficas resultantes.

#### 4.2.2 - A antecipação e as representações existentes

Na ação de antecipação buscava-se coletar indícios que nos permitissem inferir alguns conteúdos da representação do aluno, no que se refere à representação gráfica. Buscávamos verificar se existia uma perspectiva em ato, desenvolvida junto ao aluno, o que permitiria a realização da ação proposta, ainda que sujeita a erros de execução. Procurávamos identificar três aspectos nos desenhos produzidos. Primeiramente, se o aluno havia utilizado a perspectiva cilíndrica ou cônica. A diferença entre os dois tipos de perspectiva iria determinar a adoção, ou não, de um ponto de convergência das linhas da caixa, no caso, o ponto de fuga. Um segundo aspecto observado foi a direção de representação da profundidade. A figura 25 apresenta as três possibilidades de representação, no que se refere à direção das linhas de profundidade. Considerando que, na situação apresentada para o aluno como referência para a primeira antecipação, o observador estava posicionado à direita da caixa, a representação correta deveria ser a opção A (fig. 25), que contempla um ponto de fuga à direita do objeto observado.

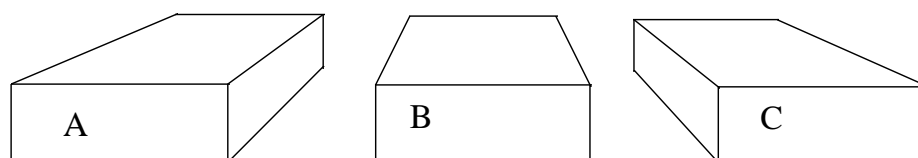


Figura 25 - Três possibilidades de direção para representação da profundidade da caixa

O último aspecto observado nos desenhos desta ação, considera a posição da caixa com relação ao plano de vidro. Uma vez que a caixa ocupava uma posição onde uma de suas superfícies se encontrava paralela ao plano de vidro, poderíamos observar se os alunos haviam identificado esta característica e a consequência em termos de representação gráfica. Os resultados da observação destes critérios são detalhados no anexo I. Foram recolhidos os desenhos de 39 alunos.

#### 4.2.2.1 - Análise dos resultados

O primeiro ponto observado nos desenhos produzidos foi a utilização de linhas inclinadas. Retomando os critérios da perspectiva, podemos afirmar que o segundo deles - as horizontais em profundidade se tornam oblíquas -, pode ser considerado adquirido. Resta, porém, a análise do comportamento das linhas inclinadas, e neste caso, o quarto critério - as paralelas convergem -, será colocado em questão. Foram identificados nos desenhos três formas de representação das linhas inclinadas. Para a maioria dos alunos as inclinadas se mantinham paralelas (26 alunos ou 68%), enquanto o uso de convergentes foi adotado por apenas 11 dos 39 desenhos estudados. A destacar mesmo que um dos desenhos contemplava linhas inclinadas divergentes, para a representação das linhas horizontais da profundidade da caixa.

De fato, a ocorrência de uma maioria contemplando a conservação de linhas paralelas na representação gráfica pode ter duas origens, ainda que não tenhamos dados para indicar qual delas estaria sendo contemplada, na representação do aluno. A primeira origem possível se refere ao conflito entre a forma percebida e a forma conhecida, destacado por Weill-Fassina<sup>94</sup>. Este conflito representa a relação entre a forma da superfície que esta sendo representada, tida como quadrangular e comportando linhas paralelas, e sua representação gráfica. No objeto real elas o são realmente, porém, quando submetidas a uma forma de representação perspectiva central, assim como em um processo de percepção visual, esta forma quadrangular sofrerá deformações a nível de ângulos e de inclinação. Esta deformação não determina uma alteração na natureza do objeto real, mas, na sua representação gráfica certas características sofrem modificação, e o conhecimento destas características pode ser um obstáculo para a sua correta representação gráfica. No caso da representação gráfica da superfície de profundidade da caixa, o aluno sabe que as linhas que a limitam são paralelas e ele as representa como tal. Colmez e Parzysz<sup>95</sup> interpretam a produção do aluno como resultante da maneira como ela se situa com relação a dois pólos, geralmente antagônicos, um que consiste da tentativa de representar o objeto tal como o sujeito imagina que ele poderia se apresentar à visão (pólo do « percebido » ou forma percebida), e outro, que consiste na tentativa de representação das propriedades do objeto, que o

<sup>94</sup> Weill-Fassina, A. (1973) La Lecture du Dessin Industriel: Perspectives d'Étude. In: Le travail Humain, tome 36, n. 1/1973, p. 121 a 140.

<sup>95</sup> Colmez, F. Parzysz, B (1993) Le vu et le su dans l'évolution de dessins de pyramides du CE2 à la seconde. In: Espaces Graphiques et Graphismes d'espaces, La pensée Sauvage, Grenoble. p. 37.

sujeito julga importantes (polo do « conhecido » ou forma conhecida). Na maioria dos casos, a conciliação entre os dois critérios se mostra impossível e o aluno *compõe* de maneira inconsciente, considerando as diversas restrições, de maneira a obter o melhor resultado possível.

A segunda origem possível da opção pelas linhas paralelas, para representar as superfícies em profundidade, se relaciona ao conhecimento anterior do aluno, em termos de matemática ou de perspectiva cavaleira. A perspectiva cavaleira é uma forma de representação gráfica que utiliza as projeções cilíndricas, onde tanto o observador, como o ponto de fuga, são considerados a uma distância infinita do objeto. Esta técnica oferece a vantagem de conservação de medidas, fazendo com que a produção do desenho se torne mais simples. Ela dispensa o uso de construções auxiliares para a determinação das deformações de tamanho. O conhecimento anterior do aluno pode contemplar a perspectiva cavaleira, uma vez que seu resultado permite também uma boa compreensão da configuração geral da forma, principalmente no que se refere ao caso de uma forma prismática carregada de estereótipos. A forma do cubo foi considerada não utilizável, no estudo de Colmez e Parzysz<sup>96</sup>, por tratar-se de um iconotipo ou de uma aquisição cultural, eles citam como exemplo o desenho de um cubo. No caso da primeira antecipação, o conhecimento anterior de perspectiva cavaleira e o conflito entre o percebido e o conhecido aliado ao estereótipo da forma prismática, são origens possíveis que explicariam a opção pelas linhas paralelas.

A opção pelas linhas convergentes foi utilizada por 11 alunos, que indicaria a aquisição do quarto critério da perspectiva. Mas ao observarmos com mais atenção os desenhos produzidos, podemos inferir que o uso de linhas convergentes não indica necessariamente o emprego do ponto de fuga em seu traçado. Podemos destacar apenas 5 desenhos, onde identifica-se indícios da utilização específica do ponto de fuga. Para os 11 alunos que utilizaram as linhas convergentes pode-se imaginar um nível de perspectiva em ato, com relação à perspectiva cônica, mais elevado. Podemos mesmo sugerir diferentes níveis evolutivos de perspectiva em ato. Inicialmente os alunos que utilizaram as linhas inclinadas paralelas, seguidos por aqueles que desenharam as inclinadas convergentes, e finalmente, num nível mais elevado, os alunos que materializaram o ponto de fuga como invariante para a convergência na execução da tarefa.

Um segundo ponto observado nos desenhos produzidos nesta primeira antecipação, faz referência à direção de fuga. A figura 25 apresentava três das possibilidades de representação da caixa, sob uma variação de direção de fugas. A alternativa **A** seria a correta, uma vez que o observador ocupava uma posição à direita do objeto observado, ela foi de fato adotada por 25 alunos. Podemos considerar aceitável o fato de três alunos terem optado por uma representação da fuga com direção central (opção B da figura 25), uma vez que a percepção da posição do observador poderia comportar dificuldades de identificação. O limite entre a posição de observação à direita da caixa, ou frontal a ela, era bastante tênue.

O mesmo não acontece se analisarmos a posição de observação à esquerda da caixa, com relação àquela apresentada pelo conjunto material. Entre os desenhos produzidos, 10 contemplam uma direção de fuga oposta àquela apresentada pelo conjunto material. Poucos são os indícios que nos permitem identificar a origem deste desvio. No entanto, ele pode corresponder aos diversos estados identificados por Piaget e Inhelder<sup>97</sup>, no estudo da representação do espaço na criança, através do teste das sombras. De fato, mesmo que a população deste experimento compreenda a faixa etária de 14 a 19 anos, e que seu desenvolvimento intelectual corresponda ao estado operatório formal, diante de novas tarefas ou de novas situações, pode-se utilizar como referência um registro de funcionamento operatório correspondente a um estágio anterior que, segundo Vermersch, foram acumulados e podem ser utilizados<sup>98</sup>. Mas, o fato de não utilização de um registro de funcionamento superior não significa necessariamente que este é inexistente. Georges e Higelé sugerem que os sujeitos não funcionam sistematicamente, através de suas competências mais elevadas. E portanto, é preciso distinguir os resultados obtidos em uma operação geométrica das competências, ou esquemas intelectuais disponíveis no indivíduo. Por diversas razões tal competência, disponível no sujeito e adaptada ao problema a ser resolvido, pode não ser solicitada espontaneamente pela pessoa que funcionará, « economicamente », com ferramentas menos potentes<sup>99</sup>.

---

<sup>96</sup> Ibidem. p. 39.

<sup>97</sup> Piaget, J. e Inhelder, B. (1948) La représentations de l'espace chez l'enfant, Puf. Paris.

<sup>98</sup> Vermersch, P. (1979) Peut-on utiliser des données de la psychologie génétique pour analyser le fonctionnement cognitif des adultes? Théorie opératoire de l'intelligence et registres de fonctionnement. Cahiers de Psychologie n. 22/23, p. 59 a 75.

<sup>99</sup> Georges, Y. e Higelé, P. (1990) Ateliers de Dessin Technique: Préalables pour comprendre de dessin technique, opus cit., p. 19.

Para que seja possível uma solução correta em termos de posicionamento da direção de fugas da caixa, representada em nosso experimento, o sujeito é solicitado a utilizar referências da relação entre direito/esquerdo. Ele deve identificar a posição do observador com relação ao objeto observado, e fazer uma inferência de sua representação gráfica, ou seja, o aluno deve « imaginar » a vista a ser construída, sem poder se apoiar diretamente sobre aquilo que ele vê<sup>100</sup>. Este tipo de transformação exige do aluno uma coordenação de ponto de vista, de forma a abandonar aquele que ele ocupa e de se imaginar na posição sugerida pelo anel metálico do perspectógrafo. Segundo Samurçay, para a identificação do espaço, os indícios de distinção entre a relação direito/esquerdo, são menos freqüentes que na relação frente/atrás<sup>101</sup> principalmente no que se refere a figuras que não comportam em si uma orientação. No caso dos experimentos de Piaget e Inhelder, era utilizado tanto um lápis, que possui uma orientação, segundo um de seus eixos - de um lado a ponta do grafite, do outro a borracha - ou um círculo, que não comporta nenhuma distinção em termos de orientação. A caixa de papelão, objeto da representação gráfica desta antecipação, não oferece indícios particulares, que permitam uma distinção facilitada entre a sua direita e a esquerda.

O último ponto a ser observado nos dados obtidos na primeira antecipação, contempla a posição da superfície frontal com relação ao plano de vidro. Uma vez que uma das superfícies que compõem a caixa, se encontrava em uma posição paralela ao plano de referência, materializado pelo vidro. Esta superfície deveria ser representada de maneira a conservar as direções vertical e horizontal de suas linhas. Assim sendo, este ponto observado corresponde a aquisição, ou não, do primeiro critério da perspectiva - as verticais e as horizontais no plano continuam verticais e horizontais. Considerando-o como um critério básico e como o primeiro a ser adquirido na criança, julgávamos possível a obtenção de uma alta taxa de acerto. De fato, entre os 39 desenhos produzidos, apenas 1 não contemplou este critério em sua representação.

Se considerarmos os dados deste experimento, com relação aos critérios da perspectiva, podemos afirmar que os dois primeiros critérios - conservação de direções no plano e inclinação de horizontais em profundidade - considera-se adquiridos. O terceiro e o quarto critério têm uma relação de dependência, uma vez

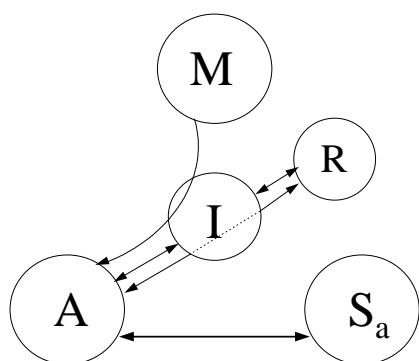
<sup>100</sup> Weill-Fassina, A. citada por Georges, Y. e Higelé, P.(1990) *ibidem*. p. 26.

<sup>101</sup> Samurçay, R. (1984) *La coordination des point de vue dans l'espace chez l'enfant: Analyse des référentiels et des calculs spatiaux*, Thèse de doctorat en psychologie, Sorbone, Paris.

que, *quanto mais longe menor*, implica em que as *paralelas convergem*. Poucos são os alunos que deixaram em seus desenho indícios de uso de um ponto de convergência, mas não temos elementos suficientes para afirmar se estes critérios foram ou não adquiridos, podemos afirmar no entanto que eles não foram utilizados na ação.

#### 4.2.2.2 - A primeira antecipação e a dinâmica do modelo SEI

Para caracterizar a situação de ação desta antecipação e analisar as relações entre os elementos do modelo proposto, iniciaremos por identificar os componentes da situação, de maneira a reconhecer neles os elementos do modelo. O sujeito desta ação representa o aluno que, solicitado pelo mestre através de uma prescrição de tarefa, deve executar uma ação de maneira a responder à solicitação da qual ele foi objeto. Nesta primeira abordagem da situação, podemos observar que a mesma comporta momentos distintos. Apesar de termos colocado inicialmente o aluno como sujeito da ação, observa-se que a sua ação de antecipação foi precedida de uma ação de prescrição, onde o mestre age sobre o aluno de forma mediada por um instrumento de comunicação, no caso a prescrição escrita. O aluno, neste primeiro momento, representa de fato o objeto da ação indireta do mestre.



1º momento - prescrição da tarefa relacionando o aluno com o referente e com sua própria representação para a ação ( $S_a$  = saber do aluno)

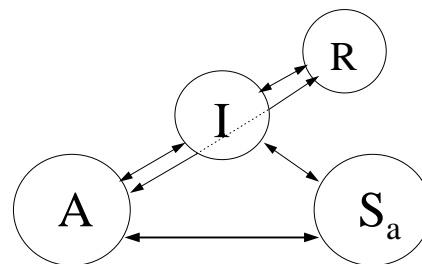
Analizando unicamente o momento da prescrição, podemos verificar a necessidade de inclusão de um elemento externo no modelo SEI, uma vez que o mesmo foi evocado no conteúdo da prescrição. Este elemento significa o perspectógrafo e a caixa de papelão, cuja representação gráfica os alunos deveriam executar. Eles constituem o referente da ação, ou seja, um elemento real que contém informações, que alimentarão o processo de produção de representação gráfica. Este referente real alimentará também a representação que o

aluno faz da tarefa que ele deve executar. Ele se relaciona diretamente com o aluno e também com o instrumento de prescrição, uma vez que o conteúdo da mesma refere-se a ele. Verillon<sup>102</sup> adota a definição de referente como sendo o elemento *a propósito do qual há informação ou representação*, e ele o introduz como um dos



pólos de um modelo que recebe o nome de Situação de Atividade Instrumentada – SAI, com instrumento semiótico. A adoção de um referente no modelo indica que em situações instrumentadas por ferramentas semióticas, ou não materiais, a mediação da mesma é dupla: ela media a ação do emissor sobre o destinatário, no caso representada pela ação do mestre sobre o aluno, mas ela media também uma relação com o objeto de referência, físico e material, que é de conhecimento tanto do mestre como do aluno.

A ação do aluno tem início em um segundo momento, quando ele deixa de ser objeto de uma comunicação e passa a executar sua tarefa. Nesta situação, o mestre não significa um elemento ativo. O aluno, *abandonado* à sua ação, irá se relacionar exclusivamente com o referente e com o conteúdo de sua própria representação, ou de seu conhecimento. O desenho produzido



2º momento - ação de execução do desenho. O instrumento semiótico mantém uma relação com as duas fontes de informação, referente e conhecimento do aluno

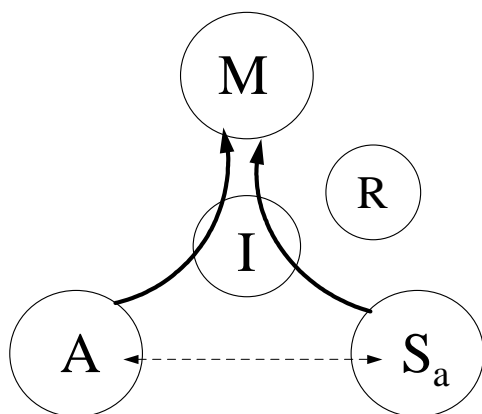
na ação é considerado aqui como um instrumento semiótico, que vai servir de mediador na relação entre o aluno e o mestre. Para sua produção o aluno busca informações no referente, mas as mesmas serão tratadas segundo a bagagem, ou o repertório de conhecimentos do aluno e que se encontram disponíveis para a ação. No caso dos dois primeiros critérios da perspectiva, observamos que os indícios encontrados no referente, determinaram a evocação dos mesmos no conteúdo da representação dos alunos. O mesmo não aconteceu com relação ao terceiro e quarto critério. O fato deles não terem sido utilizados, não significa que eles não foram adquiridos, mas possivelmente, que eles não são operacionais na ação, ou seja, que o sujeito não dispõe de competência para usar seu conhecimento para resolver uma situação. A formulação declarativa do terceiro critério da perspectiva - quanto mais longe menor -, integra certamente o conhecimento formal de sujeitos da faixa etária objeto deste estudo. Segundo Guillermain<sup>103</sup>, analisado de forma isolada um do outro, este critério se mostra adquirido a partir dos 8 anos de idade. Mas, um critério adquirido não significa um critério operacional, ou seja, ele não integra necessariamente um conhecimento

<sup>102</sup> Verillon, P. (1996) A problemática do instrumento: Um quadro para reflexão do ensino do grafismo. In: Graf & Tec, Vol. 0, n. 0, Florianópolis, p. 57 a 78.

<sup>103</sup> Guillermain, H. (1987) Approche cognitive de la genèse de la représentation graphique en perspective, in: Le dessin technique, opus cit, p. 43 a 50.

procedural, que faria com que ele fosse escolhido como sendo pertinente para a ação.

Finalmente, um último momento desta experimentação, enquanto situação didática, considera o desenho acabado como um instrumento gráfico, que permitirá ao mestre de inferir as representações que o aluno tem da perspectiva. Neste sentido, podemos mesmo nos referir à uma dupla mediação, pois de um lado o desenho se torna um instrumento da relação no sentido do aluno para o mestre, sendo a resposta de uma demanda anterior vinda do mestre no sentido do aluno. Neste sentido, podemos identificar os indícios de um contrato didático, como uma relação entre os elementos humanos do modelo que se comunicam, de maneira direta ou mediada, e cumprem seus direitos e obrigações. De um lado o mestre prescreve uma ação, de outro o aluno a executa através da produção do desenho.



3º momento - Leitura dos desenhos como mediação entre o mestre e o aluno e meio de inferência de seu conhecimento

Uma segunda mediação do instrumento se faz no sentido da leitura dos indícios do saber operacional do aluno. Neste sentido, a mediação toma o rumo do polo saber, ainda que entre o aluno e o saber exista uma vinculação. O mestre procura identificar, através da leitura dos dados da produção gráfica do aluno, quais conhecimentos podem ser considerados como adquiridos e operacionais. Para fazê-lo o mestre pode contar com as informações do referente e tratar as informações trazidas pelos

desenhos. Um dos indicadores utilizados é a aquisição, à nível operacional, dos critérios de perspectiva indicados por Guillermain. Porém, podemos fazer referência a outros critérios, como por exemplo, a leitura do objeto e sua tradução em termos de perspectiva. Ainda que para o mestre a escolha de uma caixa de papelão visava a utilização de seus atributos geométricos, é preciso considerar que ela não se encontra desprovida de seus atributos unicamente materiais. Entre estes dois atributos, encontra-se uma distinção epistemológica, de base para a produção de uma perspectiva. Uma delas consiste na identificação do objeto, como o resultado de uma interseção de superfícies, que define suas arestas a serem representadas graficamente. A outra consiste na distinção do espaço a ser representado, como o

limite entre matéria e vazio<sup>104</sup>, quando a caixa é observada segundo seu aspecto material. Este tipo de leitura do objeto, privilegiando seu aspecto material, encontra indícios de validade quando observamos que em cinco dos desenhos produzidos, foram incluídas representações gráficas de características materiais da caixa, como as dobras do papel que a revestia e os pedaços de fita adesiva que se encontravam sobre a mesma. Se a representação mental pode significar uma redução dos aspectos da realidade àqueles julgados essenciais, a representação gráfica de traços materiais do objeto indica que o aspecto material do mesmo foi considerado como importante na execução da tarefa. Ainda que na análise da produção final, desenho da caixa, encontremos uma uniformidade em termos de resultados, podemos inferir uma variedade na estrutura das representações, ou dos conhecimentos dos alunos, quanto ao processo de representação gráfica de um objeto tridimensional.

Em termos de instrumentos utilizados, identificamos diferentes artefatos, adquirindo o estatuto de instrumentos, nos diferentes momentos da ação. De um lado, a prescrição escrita, que media a relação mestre-aluno e que envia ao referente, de outro lado, a produção gráfica, como meio de resposta de um contrato didático e como meio de inferência de representação e de conhecimento. Em cada um dos momentos analisados, o perspectógrafo manteve-se no papel de referente, seja para o mestre que o utiliza como elemento integrante de sua prescrição, seja para o aluno que busca nele informações para conduzir sua ação.

#### **4.2.3 - O desenho sobre o aparelho, os atos de perspectiva**

A segunda ação da primeira experimentação consistia na execução de um desenho sobre o aparelho. De fato, o desenho a ser executado corresponde às mesmas condições descritas na primeira antecipação com o aluno ocupando, ele mesmo, o lugar de observação sobre o anel metálico do aparelho. A ação de cada aluno foi registrada em fita vídeo e através da análise deste registro podemos obter dados que nos permitirão identificar uma estratégia de construção do desenho, o tempo utilizado para o desenho de cada uma das retas do objeto, o olho utilizado para desenhar assim como as mudanças de olho feitas durante a ação, e mesmo alguns diálogos espontâneos. Alguns destes dados serão apresentados a seguir.

---

<sup>104</sup> Bautier, T. (1987) Etude didactique de l'introduction à l'apprentissage de la perspective conique, in: Le dessin technique, opus.cit.

#### 4.2.3.1 - O tempo para desenhar

Para identificar e classificar o tempo que cada aluno utilizou na execução de seu desenho, devemos inicialmente identificar os procedimentos gerais que comportaram a ação. Para tanto, distinguimos o objetivo geral de execução do desenho da caixa, dos objetivos específicos de desenho de cada uma das linhas. E neste último ainda podemos identificar três diferentes objetivos intermediários, na singularidade do desenho de uma linha. O primeiro deles foi considerado como a preparação do traço, ou seja, a ação segundo a qual o aluno, de posse da régua, procura uma posição para executar o desenho. A segunda ação consiste no efetivo ato de marcar o papel com a caneta, e a última, consideramos como uma fase de avaliação do efeito da ação.

Para podermos separar os três tipos de situação, no interior da ação de traçado de uma linha, tomamos como referência a posição da régua, que ao longo de toda a ação permanecia na mão esquerda do sujeito<sup>105</sup>. Em uma fase de preparação da régua se encontra superposta ao vidro e ela muda de posição constantemente, de modo a procurar a boa posição para o traçado. Aprofundando mais ainda o nível de descrição da ação, chegaremos às ações elementares<sup>106</sup>. Nesta fase podemos identificar três momentos diferentes: um de ação, um de tomada de informação e um último de avaliação, antes de passar para a fase do traçado em si. Estas três ações elementares são descritas no quadro da figura 26. A primeira ação é a aplicação da régua sobre o vidro e ela é seguida de uma tomada de informação: o sujeito compara a posição da régua com a imagem da linha que ele deseja desenhar. Dependendo do resultado da avaliação, o sujeito pode partir para um novo ciclo de ação e tomada de informação, até o momento em que ele obtenha uma avaliação favorável e que o autorize a executar o traço.

No momento em que a caneta toca no papel transparente, consideramos terminada a fase de preparação do traço e iniciada a fase de desenho propriamente dita. O tempo considerado é aquele, durante o qual, a caneta permanece em contato com o papel transparente, ou o tempo utilizado pelo sujeito para executar o traço. Ainda que esta fase seja bastante rápida ela comporta também algumas possibilidades de

<sup>105</sup> Não encontramos, durante todo o período de experimentação, um só aluno que fosse canhoto. Uma jovem nos indicou que ela era ambidextra, mas em sua ação ela também utilizou a mão direita para desenhar.

<sup>106</sup> Vermersch, P. (1994) *L'entretien d'explicitation*, en formation initiale et en formation continue. ESF éditeur, Paris,

variações. A velocidade do traço pode variar e encontramos nos dados da ação duas origens possíveis. A primeira ligada aos aspectos tecnológicos, ou seja a eficiência da caneta utilizada no desenho. Ela pode apresentar problemas de falha e assim exigir que o aluno execute mais de uma passagem sobre a linha que ele desenha. Uma segunda origem estaria ligada às características pessoais do sujeito. Identificamos alunos que desenhavam lentamente, como se, à medida que a caneta avança, ele efetuasse uma avaliação paralela da eficiência do desenho. Outros, porém, desenhavam de maneira rápida e decisiva, supondo uma decisão tomada a priori e que só seria avaliada ao final da ação e não no seu desenvolvimento.

Fase de preparação do desenho de uma linha				Fase de desenho
Ação	1. Aplicar a régua sobre o vidro para desenhar a primeira linha	4. Correção da posição da régua (ex.: subir a extremidade superior)	7....	n+1. Colocar a caneta no início da linha
Tomada de informação	2. Comparar a posição da régua com a imagem da linha real	5. Comparar a posição da régua com a imagem da linha real		n+2. Comparar a posição da caneta com a imagem do início da linha
Avaliação	3. Elas não se encontram superpostas, é preciso modificar a posição da régua	6. Elas não se encontram....	n. Elas são coincidentes, é possível executar o traçado	n+3. Esta correto, a execução do traço é possível

Figura 26 - Diferentes momentos em uma fase de preparação do desenho

No final da fase do desenho, a régua e a caneta se afastam do papel, ao mesmo tempo. Para analisar a continuidade da ação levamos em consideração a direção que o aluno dá para a régua que está na sua mão. No caso dela tomar a direção de uma nova linha, considerávamos que uma nova seqüência estaria começando. Porém, se a régua permanecesse imóvel, na mão do sujeito, sem modificar a direção, ainda que o aluno continuasse observando o objeto através do anel, então consideramos que o sujeito estaria avaliando o desenho obtido na última ação e, portanto, que ele não estaria preparando o desenho da reta seguinte. Esta avaliação consiste na terceira fase identificada no nível de ação elementar. As ações efetivamente ligadas à execução do desenho são aquelas da preparação e do desenho em si. A avaliação é considerada como um tempo, entre a execução de duas linhas, onde o sujeito observa o resultado de seu trabalho.

A ação do traçado, como já foi dito, estaria sujeita a condicionantes tecnológicas, ou seja ao bom funcionamento da caneta. As vezes o tempo dedicado ao desenho aumentava significativamente, pois a caneta havia apresentado falhas e o aluno era obrigado a repetir inúmeras vezes o traçado. Evitando uma má interpretação do tempo gasto para a execução das diversas linhas, influenciado por uma restrição tecnológica, decidimos isolar os dois parâmetros e analisá-los separadamente. Acreditávamos que o tempo dedicado ao traçado não sofreria modificações, na medida em que a ação avançava. O tempo de avaliação não foi considerado.

Os dados obtidos a partir do registro da ação de 25 alunos são apresentados na figura 27. Trata-se do tempo de preparação e de desenho das nove retas que definiriam a representação gráfica da caixa. Organizamos o quadro de maneira a iniciar com a ação mais breve, indo para aquela mais longa. Para avaliar o conjunto dos dados utilizamos uma média entre os valores obtidos, eliminando os valores extremos. Evitaríamos, assim, de tender a um desvio de valor geral, devido à uma situação particular. É importante destacar para a análise deste quadro que a ordem escolhida para o desenho não é exatamente a mesma para todos os alunos. Assim, a primeira linha, para um sujeito, pode ter sido a vertical superior, e para um outro, a vertical direita. Não havia nenhuma prescrição quanto a ordem para execução do desenho. Cada sujeito escolhia por onde ele deveria começar e que caminho seguir. As diferentes estratégias para realizar o desenho serão abordadas no próximo item.

#### **4.2.3.2 - A ordem do desenho**

Para identificar a ordem escolhida pelos alunos, para desenhar a caixa, decidimos inicialmente considerá-la com relação à construção das superfícies que a definem<sup>107</sup>. Havia apenas três superfícies a serem representadas, visto que a caixa não contemplava a transparência, e as superfícies encobertas não eram percebidas. Assim, o primeiro critério para analisar a ordem do desenho é das superfícies da caixa.

Havia sido obtidos, para esta análise, o registro da atividade de 44 sujeitos, porém, 7 deles tinham como tarefa a execução de um desenho, que comportaria

---

<sup>107</sup> Se ao concluir o desenho de 4 linhas o aluno completava uma das superfícies, considerávamos como a primeira superfície desenhada sem se ater à ordem interna de execução das linhas da superfície.

dois pontos de fuga. Isso significa que estes 7 alunos não encontrariam uma superfície paralela ao plano de vidro.

Linha	1			2			3			4			5			6			7			8			9			total	m
sujeito	P	D	T	P	D	T	P	D	T	P	D	T	P	D	T	P	D	T	P	D	T	P	D	T	P	D	T		
Jessi	9	3	12	6	4	10	4	2	6	4	2	6	3	2	5	3	2	5	3	2	5	3	2	5	3	2	5	59	7
Ceci	12	2	14	6	2	8	7	2	9	5	2	7	4	2	6	4	2	6	4	2	6	4	2	6	4	2	6	68	6
Soph	7	3	10	20	3	23	13	8	21	6	2	8	3	2	5	5	2	7	3	2	5	3	2	5	3	2	5	69	8
Nath	6	3	9	7	2	9	9	3	12	6	2	8	3	2	5	3	2	5	5	2	7	4	2	6	7	2	9	70	7
Luci	5	2	7	11	4	15	11	5	16	6	2	8	3	2	5	3	2	5	6	2	8	3	2	5	5	2	7	76	7
Zuin	11	3	14	10	6	16	11	2	13	4	2	6	4	2	6	4	2	6	5	2	7	8	2	10	5	2	7	85	9
Alex	10	6	16	8	4	12	7	4	11	8	4	12	4	2	6	8	2	10	4	2	6	3	1	4	4	1	5	85	9
Lili	13	5	18	8	3	11	6	3	9	7	3	1	4	2	6	11	4	15	11	2	13	-	-	-	4	2	6	88	10
Virg.	6	4	10	5	3	8	3	11	14	4	4	8	5	3	8	6	2	8	8	6	14	4	2	6	5	7	12	88	9
Ceci	4	3	7	8	3	11	6	5	11	5	11	16	7	3	10	5	6	11	6	2	8	5	3	8	4	3	7	89	9
Alex	10	5	15	4	8	12	7	5	12	7	4	11	4	2	6	7	4	11	8	2	10	4	2	6	4	2	6	89	9
Cath	5	2	7	16	2	18	10	1	11	4	2	6	9	3	12	7	2	9	10	3	13	6	2	8	5	2	7	91	9
Clem	12	6	18	10	3	13	10	2	12	7	5	12	8	3	11	8	3	11	4	3	7	3	2	5	4	2	6	95	10
Davi	9	4	13	10	5	15	-	5	5	10	4	14	4	4	8	3	2	5	11	7	18	6	2	8	7	2	9	95	10
Juli	9	7	16	8	10	18	5	3	8	5	1	6	7	3	10	5	5	10	7	5	12	6	1	7	4	4	8	95	10
Chri	7	2	9	10	8	18	11	2	13	6	2	8	8	4	12	5	2	7	11	3	14	5	3	8	6	3	9	98	10
Caro	15	3	18	10	3	13	8	2	10	10	3	13	10	3	13	11	3	14	4	2	6	7	3	10	3	2	5	102	11
Cari	9	9	18	13	4	17	9	3	12	7	2	9	7	2	9	7	4	11	6	3	9	8	3	11	5	5	10	106	11
Vale	9	2	11	17	3	20	11	2	13	11	6	17	11	6	17	5	3	8	3	2	5	8	3	11	3	2	5	107	11
Maga	18	5	23	8	6	14	12	3	15	8	2	10	12	4	16	10	2	12	12	2	14	8	2	10	8	2	10	124	13
Maxi	7	4	11	13	7	20	10	5	15	15	7	22	8	6	14	8	3	11	9	3	12	9	3	12	9	3	12	129	13
Ophe	9	4	13	11	3	14	15	7	22	8	2	10	11	3	14	13	3	16	24	5	29	10	4	14	4	2	6	138	14
Mari	16	7	23	13	4	17	10	5	15	16	6	22	12	5	17	11	2	13	6	2	8	7	4	11	13	11	24	150	16
Euge	6	5	11	14	19	33	9	2	11	12	2	14	15	2	17	18	3	21	7	2	9	10	2	12	13	2	15	160	16
Vane	11	7	18	49	9	58	6	3	9	11	3	14	10	3	13	9	4	13	7	4	11	17	5	22	9	2	11	169	14
m	9.2	4.2	13.5	10.5	4.6	15.5	8.7	3.6	12.0	7.4	3.1	10.8	6.8	2.9	9.9	6.8	2.7	9.7	6.8	2.7	9.6	5.9	2.4	8.3	5.4	2.5	7.9	99	

P = tempo para a preparação do desenho de uma reta

D = tempo para desenhar uma reta

T = total do tempo para a preparação + desenho

m = média, resultado da divisão do somatório pelo número de partes, eliminados valores extremos

Figura 27 - O tempo, em segundos, para desenhar cada uma das 9 linhas da caixa

Assim, separamos estes dados em dois grupos, onde as superfícies foram classificadas distintamente. Para as perspectivas com um só ponto de fuga, as três superfícies foram nominadas como: *frontal*, para aquela que conserva os ângulos retos e todas as linhas paralelas; *lateral*, para a superfície vertical do lado direito da caixa que era visível; *superior*, para aquela que fica na parte de cima da caixa. A figura 28 apresenta um quadro, onde foram apropriados os resultados da ordem do desenho, para a situação de perspectiva a um ponto de fuga.

Para a perspectiva com dois pontos de fuga não era possível manter esta classificação, pois não existem nela superfícies que conservem todas as suas linhas paralelas. Assim, as superfícies adotadas para a análise da ordem do desenho no caso de perspectiva a dois pontos de fuga foi: direita, esquerda e superior. A figura 29 apresenta um quadro onde foram apropriados os resultados da ordem do desenho para a situação de perspectiva a um ponto de fuga.

sujeito	superfícies da caixa			outra estratégia	Observação
	Frontal	lateral	superior		
Chris	1	2	3		
Natha	1	3	2		
Luci	1			•	segundo perspective
Lília	1	3	2		
Zuin				•	
VirgiC.	1	3	2		
Cathe	1			•	segundo perspective
Cléme	1			•	segundo perspective
Maxim	1	3	2		
Carin				•	
AlexaR	1	3	2		
Jessi	1	2	3		
Maga	1	3	2		
Sophi	1	2	3		
Davi	1			•	
Valér	2	3	1		
Alexa	1	3	2		
Eugè	2	3	1		
Luci	1			•	segundo perspective
Perri	1	2	3		
Alays	1	3	2		
Flore	1	2	3		
Aurél	1	2	3		
Coris	1			•	segundo perspective
CécilB			1	•	
Amar	1	2	3		
Célin	1	2	3		
Pierr	1	3	2		
Auré	1	2	3		
Melis	1	2	3		
Véron	1	2	3		
Yaell	1	2	3		
Carol	1			•	
Julie				•	
Phili	1	2	3		
Benja	3	1	2		
Stéph	1	2	3		


 Sujeitos que utilizaram outra estratégia mas que construíram primeiro uma superfície

Figura 28 - Ordem do desenho com relação às superfícies, perspectiva com apenas um ponto de fuga

A maioria dos alunos utilizou uma estratégia de construção, que contemplava as superfícies como unidade de encaminhamento. Mas, existiam aqueles que não a utilizaram sendo que, eles foram classificados como apresentado outra estratégia. Não foi analisado, com mais profundidade, um outro elemento condutor que determinasse a utilização desta ou daquela estratégia. Foi possível, no entanto, identificar certas particularidades, no conjunto de alunos que adotaram outra ordem.



Sujeito	Superfícies			outra	Observação
	Esquerda	Direita	Superior	estratégia	
Julie		1		•	
Ophe	1	3	2		
Carol	2	1	3		
Virgi	3	2	1		
CécilB				•	
Mari	2	3	1		
Céci				•	Segundo H <sub>1</sub> ,V,H <sub>2</sub>

 Sujeitos que apresentaram uma outra estratégia mas que construíram inicialmente uma superfície.

Figura 29 - Ordem do desenho com relação às superfícies, perspectiva com dois pontos de fuga

De fato, mesmo utilizando um outro elemento de guia, identificamos sujeitos que construíam inicialmente uma superfície, antes de partir para uma ordem segundo um novo critério. Entre estes casos encontramos um encaminhamento que se aproxima daquele geralmente utilizado pelos desenhistas de perspectiva (figura 30). Segundo esta ordem executa-se primeiramente a superfície frontal (linhas 1, 2, 3 e 4), depois as linhas de fuga (5, 6 e 7), finalizando o desenho pelas linhas « do fundo » (8 e 9).

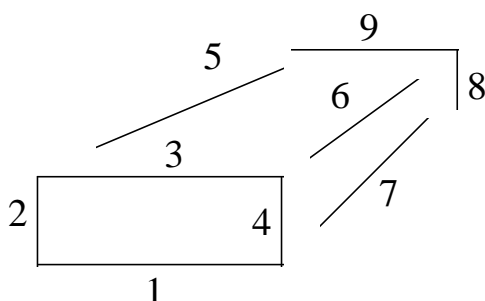


Figura 30 - Outra ordem com a finalização de uma superfície inicial - estratégia segundo perspectiva

Os sujeitos que executaram uma perspectiva com dois pontos de fuga são de menor número, mas é possível identificar também uma estratégia guiada pela unidade da superfície, assim como outras estratégias com a construção de uma superfície inicial, ou a construção segundo o tipo de linha, horizontal paralela, horizontal perpendicular e vertical. Devido ao pequeno número de observações, a análise quantitativa destes dados se torna impossível, mas sua conservação visa uma futura análise qualitativa.

#### 4.2.3.3 - A verbalização

A ação com o aparelho não exigia uma verbalização. De fato, poucos são os alunos que utilizaram a forma verbal para se exprimir. No entanto, um sujeito, ao longo de sua ação, apresentou a necessidade de se expressar, e o conteúdo de sua verbalização pode nos fornecer indícios sobre o processo de transformação da representação do sujeito.

O sujeito em questão se chama Van. Ela executava sua tarefa e já havia concluído o desenho da superfície frontal. Ao iniciar o desenho das linhas de fuga ela concluiu a primeira linha e se preparava para desenhar uma outra. No entanto, algo perturbava o bom andamento da ação, e ela voltou-se para o mestre com um olhar que indicava um problema e solicitava autorização para verbalizá-lo. A resposta do mestre foi de prestar atenção e assim, de autorizar a verbalização. Transcrevemos a seguir o conteúdo do diálogo produzido:

- *Tem um problema... Eu não consigo fazer reto com relação a isso.*<sup>108</sup>(o sujeito indica o objeto real com as duas mãos)
- *Com relação a que?*
- *Não esta reto...*
- *Mais não é a mesma coisa que você vê?*
- *Sim*
- *E então...*
- *Pode ser? Não é... (o sujeito faz gestos indicando a inclinação das retas)*
- *Não, pode ser, se é a mesma coisa que você esta vendo, é isso mesmo.*
- *AH!!!*

Após a última expressão do sujeito, mostrando seu espanto, ela voltou ao trabalho e terminou sua tarefa, sem mais nenhuma interrupção.

O sujeito inicia o diálogo se colocando em posição de erro, assumindo-se como o autor do erro - *Tem um problema... eu não consigo...* Primeiramente ele faz um diagnóstico e, em seguida, toma para si a culpa do problema. Uma vez que o vocabulário de causas e efeitos, relativos ao *problema*, não foi adquirido pelo aluno, ele utiliza gestos para tentar exprimir seu diagnóstico. Ao mesmo tempo em que ele fala, o aluno utiliza suas mãos, para indicar a direção das linhas em fuga da superfície horizontal superior (na perspectiva esta linhas se tornam inclinadas e convergentes). Mesmo imaginando saber qual seria a origem do problema, na

<sup>108</sup> O equipamento de registro não era adaptado para captar perfeitamente os diálogos. Havia também o ruído da sala. Uma parte da primeira frase não foi possível de ser identificada, e assim ela não pode ser integrada ao diálogo.

representação do sujeito, o mestre solicita algumas precisões - *Com relação a que?* - e o sujeito indica - *Não está reto*. O vocabulário não faz referência aos ângulos, nem mesmo à convergência, mas o objeto da questão era a impossibilidade que o sujeito encontrou de desenhar as duas linhas de maneira paralela, como elas são na realidade. O sujeito queria fazer desta forma, mas ele não conseguia.

O mestre pergunta se o desenho que o sujeito estaria fazendo corresponderia à imagem que ele via da caixa em questão. *Mas não é a mesma coisa que você vê?* O sujeito responde afirmativamente, mas insiste na questão do problema. Na sua segunda questão, ou na confirmação da resposta dada pelo mestre, o sujeito quer se assegurar que a resposta contempla precisamente seu problema, com relação às linhas horizontais, que tomaram uma orientação convergente, enquanto ele as imaginava paralelas. O mestre responde voltando a se referir à prescrição, *se é a mesma coisa que você está vendo, é isso mesmo*. A prescrição indicava que o aluno deveria desenhar aquilo que ele veria da caixa, com o olho situado sobre o anel metálico. Porém, o resultado da ação não forneceu ao aluno a forma que ele esperava.

#### **4.2.3.4 - Análise dos resultados**

Os dados identificados nas fitas que registraram a ação com o aparelho, nos permitem diversas interpretações sobre os efeitos, na ação, dos elementos ativos. A análise que vamos fazer sobre estes resultados, deve contemplar uma abordagem a partir das condicionantes impostas, por cada um dos elementos da ação. Assim, foram identificadas condicionantes ligadas ao aparelho e à sua manipulação, condicionantes do objeto representado, ou seja, da caixa de papelão, e finalmente condicionantes provenientes ao sujeito e sua relação com o saber. Nos três itens que se seguem, procuraremos colocar em evidência as particularidades destas condicionantes e tentaremos identificar os efeitos que elas podem ter na transformação das representações do aluno.

##### **4.2.3.4.1 - As condicionantes ligadas do aparelho**

Tomando como referência o resultado da análise do tempo, para execução das linhas do desenho, identificamos inicialmente uma grande variação entre a mais curta duração da ação e a mais longa. O sujeito mais rápido executou sua ação em pouco mais que um minuto, enquanto a mais longa ação ocupou quase 3 minutos, ou quase três vezes o valor mínimo. Podemos atribuir esta diferença às variações

inter-individuais pois, apesar das diferenças, foi possível identificar um comportamento homogêneo, enquanto curva de média. A figura 31 apresenta um gráfico, onde foram colocados os valores das médias obtidos na figura 27. Distinguimos os resultados em três curvas, a primeira considera o tempo de desenho efetivo, a segunda o tempo de preparação do desenho de uma linha e a última o tempo total, preparação mais desenho.

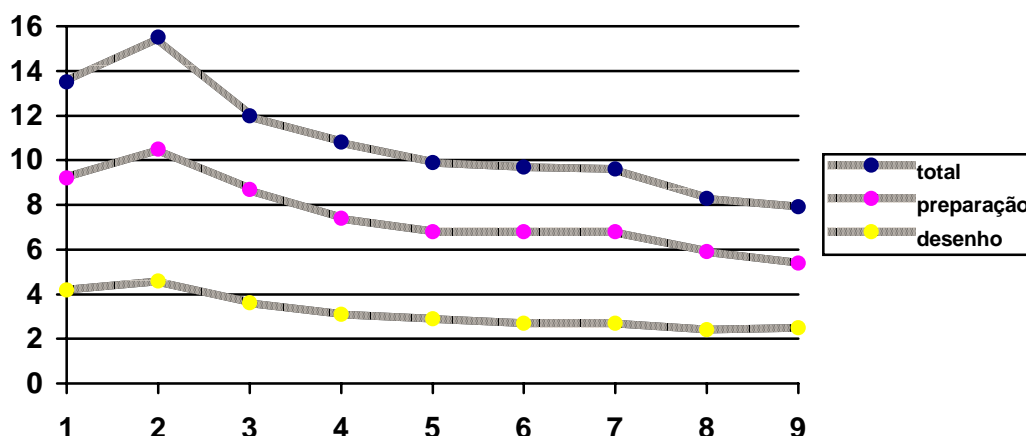


Figura 31 - Evolução do tempo, em segundos, com relação ao desenho das linhas

Numa rápida análise, podemos identificar um aumento do tempo gasto para o desenho da segunda linha e uma diminuição progressiva do tempo, à medida em que a ação avança. Como já foi mencionado, a ordem das linhas não era a mesma para todos os sujeitos, no entanto, a tendência a um aumento do tempo no desenho da segunda linha, foi confirmada para o conjunto de sujeitos desta experimentação. Visando explicar que fatos contribuem para o perfil de curva encontrado, retomaremos o quadro da página 143, e analisaremos as ações elementares do desenho da segunda linha (figura 32).

A primeira ação e tomada de informação para o desenho da segunda linha, são basicamente as mesmas daquelas feitas para o desenho da primeira. Porém, no momento da avaliação que se segue a uma tomada de informação (casa 3 do quadro), o sujeito encontra uma condicionante adicional a ser tratada. Ele identifica uma decalagem entre o desenho da linha 1 e a imagem real da mesma. Ou seja, ele se apercebe que seu olho mudou de posição. Ele deve se ater ao desenho da linha dois, mas ele deve integra-la às linhas anteriormente tratadas. Tem início a construção da noção do conjunto da representação. Para tanto, as ações e

tomadas de informações que se seguem, se ocuparão de restabelecer a mesma posição de observação da linha 1, para em seguida iniciar os procedimentos para o desenho da linha 2. Esta busca da posição de observação inicial constitui uma condicionante do trabalho com o aparelho. Ela é obtida quando o olho do sujeito ocupa uma posição, na qual, a imagem da primeira linha se encontra superposta à sua representação gráfica. Esta superposição é a referência que indica que o olho ocupa a posição correta. O maior tempo dedicado à preparação da linha 2 se deve ao tratamento de uma atividade imposta pelo aparelho. Uma vez que o anel metálico era bastante grande, havia a possibilidade de pequenas mudanças de posição, sem que o olho do sujeito se afastasse do mesmo. A ação em perspectiva exige, porém, uma posição absolutamente imutável do olho. Esta exigência só se torna evidente a partir da preparação da segunda linha.

Fase de preparação do desenho da linha 2

Ação	1. Aplicar a régua sobre o vidro para desenhar a segunda linha	4. Correção da posição do olho, buscar a posição inicial	7....	n+1. Aplicar a régua sobre o vidro para desenhar a segunda linha
Tomada de informação	2. Comparar a posição da régua com a imagem da linha real	5. Comparar a posição do desenho com a imagem do objeto real	n-1 Comparar a posição do desenho com a imagem do objeto real	n+2. Comparar a posição da régua com a imagem da linha real
Avaliação	3. A linha 1 não está mais superposta ao elemento real da caixa.	6. Elas não são coincidentes	n. Elas são coincidentes, é possível preparar o desenho da linha 2	n+3. Elas não se encontram superpostas, é preciso modificar a posição da régua

Figura 32 - Diferentes momentos em uma fase de preparação do desenho da linha 2, levando em consideração a posição de observação utilizada no desenho da linha 1

Para responder à exigência da ação, o sujeito se vê obrigado a adaptar seus esquemas de uso do aparelho. Por isso, consideramos este aspecto como uma condicionante do aparelho para a ação do sujeito. Existe nesta adaptação um processo de identificação de invariante, ele indica que « não se pode mudar a posição de observação que foi decidida no início ». Sua identificação se deve à leitura das condicionantes impostas pelo aparelho, estando implícito no mesmo, uma idéia que pode fazer avançar a noção de instrumento como fonte de conhecimento<sup>109</sup>. Este invariante pode ser identificado como um discurso pragmático, cujo conteúdo encontra reflexo nos conhecimentos técnicos da

<sup>109</sup> Rabardel, P. (1992) L'utilisation d'instruments est-elle une source de savoir spatiaux? In: Topologie Structurale. n. 19, Montreal.

perspectiva. Quando se fala em interdição de mudança da posição de observação, faz-se referência a um « ponto de vista único », que constitui um dos princípios da perspectiva cônica. A construção do conceito pragmático tem sua origem na ação com o aparelho, mas seu conteúdo não se vincula unicamente a esta forma de conhecimento, ela se vincula também à base conceitual da teoria da perspectiva. Um dos primeiros conceitos que se aborda em uma aprendizagem da perspectiva é aquele do ponto de vista único. A construção do desenho é feita levando em consideração um, e apenas um, ponto de observação. Evidentemente que para fazer a ligação entre o esquema de uso, identificado na ação, e o conceito técnico ou científico, do *ponto de vista único*, será necessário passar por um processo de formação, guiado pelo mestre, no qual os invariantes identificados serão analisados, testados e experimentados para poderem integrar uma parte do conceito científico que se deseja construir. Neste sentido, o invariante construído pelo aluno é válido para o quadro material do instrumento, encontrando também sua validade em um quadro abstrato do instrumento sêmico.

Tanto no gráfico da figura 31, como na tabela de dados que lhe deu origem, havíamos decidido pela distinção entre o tempo de preparação e o tempo de desenho, acreditando que o tempo de desenho não deveria se modificar ao longo da atividade. Esta distinção permitiu, porém, a identificação de uma curva que afeta também a ação do traçado, ainda que o processo de adaptação do aluno ao desenho seja menos sensível que aquele à preparação do desenho. A diferença entre o máximo e o mínimo na ação do desenho é de 2,2 segundos, enquanto na curva de preparação esta diferença é de 5,1 segundos. Em uma observação mais atenta da ação do desenho em si identificamos uma redução na velocidade de traçado no desenho da linha 2. Esta velocidade aumenta à medida em que a ação evolui e se aproxima do seu final. Uma interpretação possível considera que, mesmo na ação, o aluno não abandona a idéia de verificação da superposição da imagem representada e da imagem real da linha 1. Ao fazer esta verificação, ao mesmo tempo em que executa seu traçado, ela é feita de maneira mais lenta. Este indicio nos leva a imaginar que a construção do esquema de uso não se restringe à ação de preparação do traço, mas que se prolonga na ação do desenho. A redução do tempo de desenho e sua estabilização, nas últimas linhas traçadas, indica uma apropriação inicialmente progressiva, e em seguida estável, de um procedimento de trabalho.

Os efeitos nas dimensões do tempo são atribuídos à adaptação do sujeito às condicionantes do aparelho, que exige do mesmo uma organização do trabalho de maneira a se adaptar a seu uso. Mas, no resultado desta experimentação encontramos outros tipos de organização do trabalho, desta vez provenientes da estrutura interna do objeto representado. A análise destes efeitos será, a seguir, objeto de nossa atenção.

#### 4.2.3.4.2 - Condicionantes ligadas ao objeto da representação gráfica

Os dados relativos ao encaminhamento adotado para a execução do desenho, expresso em termos de ordem de superfícies enquanto unidade de encaminhamento, nos permite a identificação de uma forma de organização da ação, que guarda uma relação com a estrutura geométrica do objeto. A figura 33 resume, em um quadro de dupla entrada, o número de ocorrências para cada superfície, e a ordem à qual ela corresponde, para uma situação de ação com um ponto de fuga.

	Primeira	Segunda	Terceira
Frontal	23	2	1
Lateral	1	14	11
Superior	2	10	14

Figura 33 - Número de ocorrências - ordem de desenho e superfície escolhida  
Situação à um ponto de fuga, excluídos 11 sujeitos com outras estratégias

Já havíamos observado anteriormente que, dos 37 sujeitos que executaram a tarefa, 26 sujeitos apresentavam indícios de uma estratégia, que adotava como unidade de encaminhamento, as superfícies do objeto. Na análise do quadro da figura 33, pode-se não apenas confirmar esta estratégia guiada pela estrutura do objeto, mas pode-se também verificar a predominância da superfície frontal como a primeira executada. Entre os 26 alunos considerados neste quadro, 23 iniciaram o desenho pela execução da superfície frontal. Ela é aquela que conserva as linhas horizontais e verticais paralelas. A correta execução de sua representação corresponde ao primeiro critério da perspectiva, que foi considerado adquirido mesmo antes da ação, na primeira antecipação, onde inferimos a representação do sujeito conservando a forma e a posição da superfície com relação ao quadro. Esta representação pode ter conduzido os alunos a iniciar sua ação pela superfície que eles estariam certos de conhecer. Esta análise é também válida para uma boa parte dos sujeitos que executaram a ação, utilizando outra estratégia, mas que

completaram inicialmente uma superfície. Entre os 11 alunos assim classificados identificamos 7 que iniciam o desenho pela execução da superfície frontal. Isso pode significar uma condicionante relativa à forma do objeto, que determina a escolha de uma estratégia de ação. Mas, esta condicionante pode também ser fruto da posição deste objeto, paralelo ao plano de vidro, e assim, resultando em uma superfície frontal.

Uma segunda situação analisada levou em consideração o mesmo objeto, mas desta vez, a posição que o mesmo ocupava não comportava uma superfície paralela ao quadro. A representação, neste caso, é executada com dois pontos de fuga. O número de observações que dispomos, para esta segunda situação, é extremamente reduzido, dificultando toda análise quantitativa. Porém utilizaremos estes dados para levantar algumas questões qualitativas. Contrariamente à situação com um ponto de fuga, que resulta em uma superfície frontal, a segunda situação não deixa transparecer o menor indício de preferência por uma ou outra superfície. As ocorrências são distribuídas por todas as combinações. O resultado do desenho da perspectiva, na segunda situação, não privilegia nenhuma superfície com aspectos de conservação, apenas as linhas verticais se manterão paralelas. O mesmo não se reproduz na situação com um ponto de fuga onde, além da conservação de ângulos, temos também a conservação de dois conjuntos de paralelas, as horizontais e as verticais.

Consideramos que o aspecto da conservação, imposto pelo objeto, e sua posição relativa ao plano de vidro, funciona como uma condicionante para a escolha da estratégia de ação do sujeito. Mesmo porque, se analisarmos os dados da figura 33, podemos observar que a escolha da primeira superfície é bem mais evidente que a segunda ou terceira. Os números, neste caso, não são reveladores de uma escolha predominante. De fato, as preferências pela superfície superior ou lateral são quase divididas, enquanto que para a primeira superfície a escolha tendia evidentemente para a superfície frontal.

Aparentemente existe uma influência ligada à estrutura, ou a leitura que o sujeito faz da estrutura do objeto, sobre a condução da ação. De fato, esta leitura pode mesmo ir além da interpretação do mesmo, enquanto superfícies. Alguns alunos representaram, na primeira antecipação, a caixa, fazendo referência aos pedaços da fita adesiva, ou às dobras do papel que a revestia. Na ação em perspectiva pode-se observar novamente este tipo de ocorrência. As informações trazidas pelo



objeto, para estes alunos, vão além de sua estrutura geométrica ou de sua configuração da forma. Para certos sujeitos, a leitura da caixa atinge um nível de objeto material, mais que um objeto geométrico, e esta diferença corresponde aos diversos níveis de representação do objeto levantados por Richard<sup>110</sup>.

Ainda que a grande maioria dos sujeitos desta experimentação tenham adotado, para leitura do objeto, a decomposição em superfícies, podemos observar alguns resultados interessantes junto àqueles que adotaram outra estratégia. Destacamos entre estes sujeitos aqueles que, apesar de apresentarem uma ordem de execução que não correspondia às superfícies, completaram inicialmente a superfície frontal. No encaminhamento escolhido por estes sujeitos podemos encontrar indícios de uma orientação metodológica, ainda que os mesmos não tenham sido formalmente submetidos à nenhuma formação específica. Dentro do método perspectivo não existem regras formais que indiquem onde o desenho deve começar, mas a ação de um desenhista tende a uma organização, que parte da definição das superfícies mais próximas do quadro e caminha no sentido dos elementos mais distantes (figura 30). Assim, a estratégia *superfície frontal, linhas inclinadas, linhas do fundo*, corresponde a uma relação mais próxima à metodologia adotada em um processo de construção de um desenho em perspectiva, pelo menos no que se refere a um só ponto de fuga. Os sujeitos que apresentaram os indícios desta influência da leitura do objeto e de um sistema de organização da ação mais próximo da ação profissional sugerem que, mesmo não dominando esta técnica de representação, podemos encontrar diferentes níveis de perspectiva em ato, sendo que alguns deles se encontram mais próximos dos conhecimentos técnicos ou dos métodos.

No resultado de alguns sujeitos é possível mesmo inferir as influências simultâneas das condicionantes ligadas ao instrumento, discutidas no item anterior, e aquelas da leitura do objeto. Neste sentido, destacamos o resultado da ação de Ala, através da figura 34, que apresenta a ordem do desenho por ela adotada e o tempo que ela utilizou em sua ação.

---

<sup>110</sup> Richard, J. F. (1990). *Traité de psychologie cognitive* 2, opus. cit.

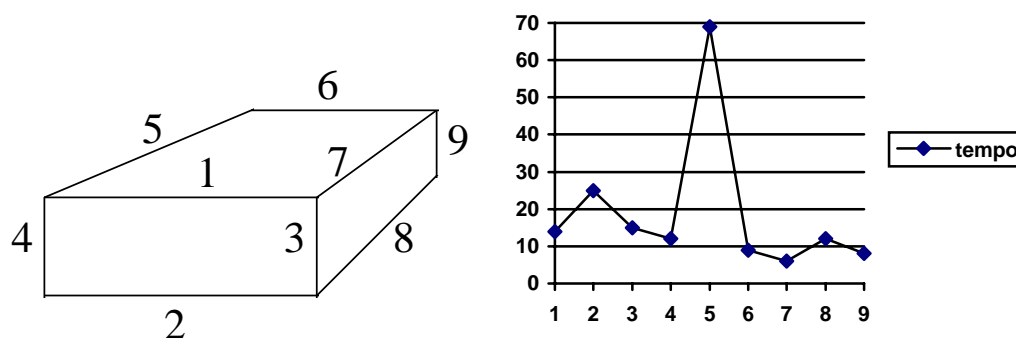


Figura 34 - Ordem do desenho e tempo para desenhar relativos a ação de Alayse expresso em segundo

Podemos observar, inicialmente, o efetivo aumento do tempo gasto para o desenho da segunda linha, com relação àquela utilizado na primeira. Este comportamento foi interpretado no item que tratava das condicionantes do instrumento. As quatro primeiras linhas correspondem à superfície frontal e pode-se ver a redução do tempo no desenho da terceira e quarta linha. Mas, verifica-se que no desenho da quinta linha o tempo volta a aumentar, para se reduzir novamente nas linhas 6 e 7, que completam a superfície superior da caixa. O mesmo acontece com as duas linhas que completam a superfície lateral, a linha 8 volta a exigir mais tempo que sua precedente e o desenho da linha 9 volta a ser mais rápido.

Neste caso, identificamos uma influência simultânea de condicionantes vindas de um lado da leitura do objeto e de outro das ação com o instrumento. De fato, para traçar a última linha de uma das superfícies, o tempo necessário para a preparação e desenho do traço poderia se reduzir. Isso porque ao desenhar as três linhas anteriores o sujeito já teria definido as duas extremidades da linha que *fecha* a superfície. Porém, para começar o traçado da superfície superior, a segunda abordada por Alayse, a única referência existente seria uma das extremidades da linha e a sua direção inclinada. Na execução da superfície frontal, onde as linhas conservam sua direção horizontal e vertical, estas direções contribuíam de maneira a tornar a tarefa mais simples. Já na execução da linha 5, que comporta um ângulo de inclinação indefinido, a tendência à incerteza é mais evidente e leva a um longo período de preparação. O mesmo não acontece com a linha 7, que *fecha* a superfície superior. Mesmo sendo inclinada, e teoricamente carregada de incerteza quanto ao seu ângulo de inclinação, esta linha é desenhada de maneira rápida, mas porque suas extremidades já haviam sido definidas, quando do desenho das

linhas 1 e 6. O mesmo raciocínio encontra validade na ação de desenho das linhas 8 e 9 que completam o desenho da caixa.

Estes dados, relativos à ação de Ala, encontram similares em meio ao grupo de sujeitos experimentados, e eles são um exemplo de uma combinação entre as condicionantes provenientes do instrumento e aquelas ligadas à forma de percepção da estrutura do objeto. Esta última, ainda que tenha que passar pela interpretação que o sujeito faz da caixa, tem sua origem no polo objeto e se torna identificável no curso da ação. Mas, estas duas origens de condicionantes não são as únicas, uma vez que no centro da ação se encontra o sujeito e sua própria representação da situação. As condicionantes ligadas ao sujeito e a influência de sua representação anterior, assim como de seu conhecimento, serão analisadas a seguir.

#### **4.2.3.4.3 - Condicionantes ligadas ao sujeito e a sua relação com o saber**

Para executar a tarefa que havia sido prescrita, não havia sido prevista a necessidade de verbalizações. Porém, não havia nenhuma prescrição indicando que as verbalizações não seriam autorizadas. Ou seja, caso julgasse necessário, o aluno poderia recorrer ao diálogo para resolver o impasse identificado pelo mesmo. De fato, as verbalizações não foram numerosas, porém aquela ocorrida no curso da ação de Van nos permite uma análise da gestão da informação no aluno e as possibilidades de conflitos entre os dados provenientes das representações do sujeito e aqueles que são implícitos na ação com o instrumento. As condicionantes provenientes dos conflitos com aquilo que chamamos de saber, ou de conhecimento do aluno, são ligadas ao sujeito da ação e indicam uma terceira fonte de informação, no sentido de compreender os efeitos da ação com o instrumento na evolução do conhecimento.

Antes de começar a agir com o aparelho, consideramos a hipótese de que Van devia dispor de uma representação, ainda que circunstancial, do resultado que ela poderia esperar da sua ação. No desenvolvimento de sua atividade, ela se submeteu às condicionantes do instrumento. Ela, assim como a maioria dos sujeitos, utilizou muito mais tempo para a preparar e desenhar a segunda linha. Ela construiu ou adaptou seus esquemas e assim ela progrediu em sua tarefa. A figura 35 apresenta a ordem do desenho adotada por Van.

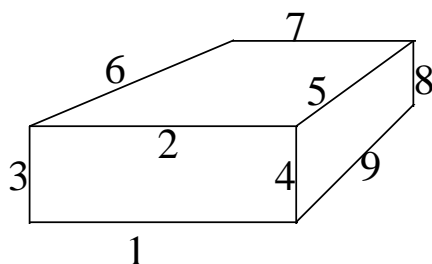


Figura 35 - Ordem do desenho de Van

A necessidade de verbalização ocorre quando Van havia concluído o desenho da linha 6. Ela executava sua tarefa de maneira satisfatória, mas existia alguma coisa que a impedia de avançar. Interpretamos este comportamento como uma dificuldade de superar, ou de

transformar suas próprias representações que funcionam, neste caso, como uma condicionante para a ação.

O sujeito se encontra em uma situação onde ele identifica um obstáculo, a verbalização inicia com a afirmação: *tem um problema*. Na análise da ação não identificamos a ocorrência de nenhum efeito material, nos restando inferir que o problema ao qual o sujeito se refere tem sua origem em suas próprias representações. Van acabara de concluir o desenho das linhas 5 e 6, que compõem a superfície superior. Ela não havia identificado nenhum problema, quando do desenho da linha 5, mas ao concluir a linha 6 ela se encontrou face a um obstáculo que colocava em confrontação o seu conhecimento sobre a forma, as duas linhas são paralelas sobre a caixa, e o resultado da representação gráfica obtida, as linhas tornam-se convergentes. De fato, nesta atividade, o sujeito estaria sendo exposto a uma ação em perspectiva, e o resultado de sua ação resulta em uma representação projetiva de tipo cônica central. Assim, a forma final do desenho produzido pode entrar em conflito com a forma conhecida do objeto. O sujeito deve então fazer uma escolha, como nos indica Colmez e Parzyzs, entre a forma percebida e a forma conhecida. Van encontrava uma dificuldade em aceitar que as linhas em questão pudessem ser representadas de forma convergente. Este fato entrava em conflito com seu conhecimento anterior que se encontrava estável. Bachelard define este conflito como sendo a origem de um obstáculo.

De fato, o conhecimento anterior de Van tem seu domínio de validade, ele corresponde ao domínio da realidade, onde as linhas 5 e 6 são efetivamente paralelas. Nesta situação específica não se trata de rejeitar o conhecimento anterior, mas de adaptá-lo às situações às quais ele encontra sua validade<sup>111</sup>. O obstáculo tem sua origem na validação de um conhecimento para uma situação singular e na sua generalização à uma classe de situações. Esta generalização,

<sup>111</sup> Charnay, R. e Mante, M. (1992). De l'analyse d'erreur en mathématiques aux dispositifs de ré-médiation, in: Repères, n. 7, Irem, Paris

sendo possível, pode resultar em erros que, na concepção de Brousseau, não são efeitos somente da ignorância, da incerteza, do acaso (...), mas o efeito de um conhecimento anterior, que apresentava um interesse, e mesmo um sucesso, mas que agora se revela falso, ou simplesmente inadaptado<sup>112</sup>. Desta definição destacamos o aspecto da inadaptação. Isto porque, o conhecimento de Van sobre as paralelas da caixa real é válido e eficiente para a situação real, ele é, porém, inadaptado à situação da representação gráfica. O que significa que o conhecimento anterior de Van não deve ser completamente rejeitado, ele encontra, na situação da ação com o instrumento, um limite de validade, que leva a necessidade de criação de novos conhecimentos adaptados à nova situação.

Os conteúdos do conhecimento do sujeito foram colocados em confrontação com o conhecimento implícito no perspectógrafo. A ação com o instrumento não permitiu que o sujeito realizasse sua tarefa da maneira como ele a imaginava. Van é um exemplo de uma resistência à modificação de sua representação. Ela não conseguia acreditar naquilo que ela estava vendo, uma vez que o instrumento lhe fornecia informações que não correspondiam à sua relação com o saber. Ela foi o único sujeito a apresentar uma tal dificuldade que só pôde ser superada com a confirmação do mestre, considerado como o *expert* na situação. Ainda que este seja o único exemplo de verbalização, podemos utilizá-lo para inferir as condicionantes ligadas ao sujeito e a resistência às modificações na representação, impostas pela ação com o instrumento.

#### **4.2.3.4.4 - A ação com o instrumento e a dinâmica do modelo SEI**

Para analisar a ação com o instrumento, no âmbito do modelo SEI, vamos começar pela prescrição da tarefa. O mestre, em uma relação direta com o aluno, propõe a realização de um desenho (objeto da ação do aluno), através da utilização do aparelho. O mestre é o agente inicializador da interação entre o aluno e o aparelho (neste estágio inicial da ação não consideramos ainda o perspectógrafo como um instrumento), tendo como objetivo a produção de um desenho.

No início da ação com o aparelho o aluno vai se relacionar com o mesmo de forma direta, ele utiliza o anel para posicionar seu olho, ele busca a boa posição da régua para traçar sua primeira linha. Neste momento, alguns esquemas se constroem no aluno, a representação mental com relação à tarefa, ao aparelho, o desenho que

---

<sup>112</sup> Brousseau, G. (1983). Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques, in:

deve ser realizado, são aspectos que podem ser contemplados em uma representação para a ação com o aparelho. Uma vez que ele seja introduzido em um uso, e que certos esquemas se ligam a este uso, podemos identificar então os indícios de uma gênese instrumental. Quando o aparelho não se constitui apenas de um artefato (componente artefactual), mas ele comporta os esquemas em uma situação de uso por um sujeito (componente esquemática), podemos nos referir então a um instrumento tal como o definimos no segundo capítulo deste trabalho.

A ação de produção do desenho, mediada pelo instrumento, vai implicar na construção de esquemas. Identificamos indícios deste tipo de construção, nos atos de perspectiva, que implicaram em uma maior exigência de tempo para o desenho da segunda linha da caixa. A ação com o instrumento, exigia do sujeito que ele se adaptasse às condicionantes do instrumento para poder progredir em seu trabalho. A condicionante do instrumento representava uma limitação: não se deve mexer a cabeça durante a ação do desenho. Ao longo da ação o aluno deveria identificar a condicionante, e para concluir o desenho de maneira eficaz era preciso respeitá-la. Neste sentido, ele constrói um esquema de uso que pode ser inicialmente considerado como pertencente a um conhecimento em ato, uma vez que o sujeito o construiu e o utilizou na ação.

Estes esquemas podem mesmo não serem conscientes no sujeito, mas em alguns casos, houveram mesmo algumas verbalizações ao final da ação, onde os alunos faziam referência à necessidade de não modificar a posição da cabeça e mesmo de não modificar a posição do aparelho. Neste caso, trata-se de um outro nível de conhecimento ou de representação. Uma vez que o sujeito é capaz de verbalizar isto significa que ele é consciente de seu conhecimento e, neste caso, ele não se enquadra no nível de um conhecimento em ato mas em sua evolução sob a forma de um conhecimento pragmático, ligado à uma classe de situações. A identificação destes conhecimentos específicos à ação refere-se a uma parte do conhecimento da perspectiva, que está implícito no instrumento. A concepção do mesmo tem sua origem em uma relação direta entre o aparelho e o fenômeno da perspectiva. O conceito científico que se encontra no fim de um processo de generalização do conhecimento identificado é aquele do ponto de vista único e ele faz parte da base conceitual, para o trabalho em um sistema cônico projetivo.

Todos estes níveis do saber, aos quais acabamos de nos referir, através do exemplo do ponto de vista único, fazem parte do domínio do saber, que é justamente o terceiro polo do modelo SEI (figura 36). A dinâmica deste polo é ligada àquela dos atores da ação. O aluno dispõe de um conhecimento (saber do aluno - Sa) próprio e que ele dispunha antes mesmo de iniciar a ação. Identificamos alguns indícios de seu conteúdo na análise da primeira antecipação. Este conhecimento foi definido como conhecimento precursor<sup>113</sup> e ele pode servir no sentido de transformar o conhecimento do aluno, mas também como um obstáculo<sup>114</sup> para a evolução de seu conhecimento. Ele constitui, porém, apenas uma parte do conteúdo do polo *saber*, a parte que é individual ao aluno, mas neste polo são agrupados outros tipos e níveis de *saber*, que se referem aos outros elementos do Modelo.

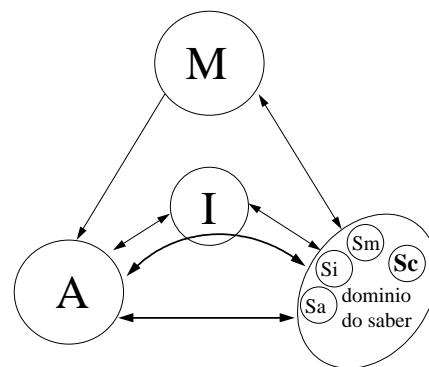


Figura 36 - O modelo SEI e os níveis do saber

Na ação o aluno identificou uma parte do *saber*, que estaria implícito no instrumento (Si): não se deve mexer a cabeça ao longo da ação. Um *saber* que por sua vez se relaciona com o saber científico (Sc): ponto de vista único em sistemas cônicos projetivos. Entre estes níveis de saber podemos encontrar similaridades e conflitos, que podem ser justificados à partir da compreensão do campo de validade do saber. Um saber científico concerne um domínio de propriedades do real e dos conhecimentos, enquanto que um saber em ato se refere a uma situação singular, e o saber pragmático a uma classe de situações.

O exemplo que se pôde analisar, a partir da verbalização de Van, indica um conflito (figura 37) entre as informações que são contempladas no saber do aluno (Sa) e aquelas que podem ser obtidas a partir da leitura do desenho feito no instrumento e que integram o conhecimento que nele estaria implícito (Si). Esta duas unidades de conhecimento não são compatíveis, ao menos no que se refere à situação de validade de cada uma, assim a atividade com o instrumento impõe o conflito e a

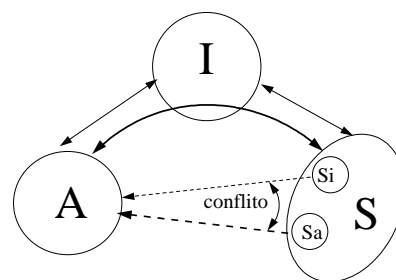


Figura 37 - O modelo SEI e o conflito

<sup>113</sup> Rogalsky, J. (1987) Acquisition de savoir et de savoir faire en informatique. Cahier de didactique des mathématiques. n. 43, IREM Université de Paris 7, Paris.

<sup>114</sup> Martinand, J. L. (1986) *Connaître et transformer la matière*, Peter Lang, Berne.

necessidade de sua resolução. Se o sujeito aceita as informações obtidas na ação com o instrumento, ele vai transformar suas representações. Para Van, o fato de recusar a validade de seu conhecimento anterior representava um custo excessivo e duvidoso e ela não estaria pronta a abandoná-lo, sem obter uma avaliação vinda de uma fonte “confiável”. Neste sentido, ela lança mão do saber do mestre (Sm) que vai funcionar como um mediador no conflito a respeito da convergência das linhas. Neste exemplo é possível verificar o papel que o instrumento pode representar na estruturação das representações do sujeito, a respeito de um domínio do saber. O instrumento pode ser uma fonte de conhecimento autônomo, e mesmo, por vezes, a origem de um conflito, com aquilo que chamamos de saber do aluno. A ação com o instrumento exigiu a construção de esquemas e mesmo a adaptação de outros junto ao sujeito que o utiliza. A transformação imposta pelo instrumento tende para o sujeito e caracteriza assim um processo de instrumentação. As condicionantes do instrumento e do conhecimento nele implícito entram em ação, assim como aquelas provenientes da leitura do objeto e que vão determinar, na ação, a adoção de diferentes estratégias. Segundo os dados levantados, a escolha da estratégia de ação e de leitura do objeto sofre a influência da relação entre o objeto e o aparelho, e neste caso, determina o uso de outros esquemas, diferentes daqueles desenvolvidos para o uso do instrumento, e ligados diretamente ao objeto.

#### **4.2.4 - A segunda antecipação ou a transformação das representações**

O resultado da ação da segunda antecipação é uma produção gráfica, executada sem a ajuda do instrumento. Nesta ação os alunos eram solicitados a antecipar, uma segunda vez, a forma de uma segunda caixa colocada ao lado da primeira. Para executar sua ação eles dispunham do desenho produzido no aparelho e que representava a primeira caixa. Esta ação não foi contemplada com o registro em vídeo e iremos trabalhar unicamente sobre os registros gráficos, que resultaram da mesma. Ao longo da ação de cada sujeito não registramos nenhuma manifestação verbal provenientes dos mesmo, eles dispunham do material necessário para o desenho, e mesmo para as correções, que eles julgassem necessárias.

Para analisar os resultados, utilizaremos os critérios da perspectiva de maneira comparativa com aqueles que foram obtidos na primeira antecipação. Verificamos inicialmente a conservação do paralelismo da superfície frontal, destacada na figura 38, através do aspecto número 1. Um segundo aspecto abordado consiste na



análise da posição das linhas horizontais em profundidade. Na segunda antecipação, o sujeito deveria traçar duas linhas horizontais, que tomariam a direção do ponto de fuga. Quanto a estas linhas, analisamos inicialmente a posição relativa de uma delas, com relação à linha de referência<sup>115</sup>, aspecto 2 da figura 38. Estas linhas poderiam se apresentar segundo uma posição paralela, convergente ou divergente, com relação à linha de referência. Em seguida abordamos a posição relativa entre as duas linhas traçadas na ação, aspecto 3, que poderiam novamente serem paralelas, divergentes ou convergentes. Finalmente, como último critério para análise desta ação, consideramos a observância, ou não, da conservação da medida de profundidade no traçado da linha vertical do fundo, aspecto 4. Quanto a este aspecto, os resultados mostram um índice de acerto de 27 dos 33 desenhos analisados.

Quanto à conservação das direções das linhas da superfície frontal (aspecto 1), obtivemos um resultado integralmente positivo. A integralidade dos desenhos produzidos indica um respeito do princípio perspectivo de que as linhas de uma superfície, paralela ao quadro, permanecem paralelas. Mesmo nos desenhos produzidos em uma situação de dois pontos de fuga, as respostas dos alunos, em termos de expressão gráfica, contemplam a continuidade das direções da superfície frontal da primeira caixa, como uma referência para o desenho da segunda. Já havíamos confirmado anteriormente a hipótese de aquisição do primeiro critério de perspectiva. Através desta ação podemos ratificar esta avaliação.

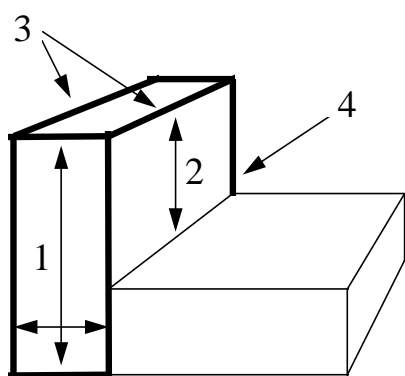


Figura 38 - Aspectos observados na análise do resultado da segunda antecipação

Outro aspecto analisado, à partir dos dados obtidos, considera a direção das linhas horizontais em profundidade, discriminadas nos aspectos 2 e 3, da figura 38. Os resultados obtidos integram o quadro da figura 39, onde estabelecemos uma relação (em termos de convergência, divergência ou paralelismo) entre o aspecto 2, posição relativa entre as linhas inclinadas da segunda caixa e a linha de referência, e o aspecto 3, posição relativa entre as duas linhas inclinadas da segunda caixa.

<sup>115</sup> Consideramos o desenho da primeira caixa, executado com o instrumento, como uma referência em termos de informações para a ação da segunda antecipação.

Observamos que o maior número de ocorrências, com relação à referência, contempla as linhas convergentes (19 casos). O mesmo não ocorre no comportamento das linhas da segunda caixa entre si, que indica uma maior ocorrência de linhas paralelas (20 casos).

Posição relativa das linhas		Relação entre as linhas da segunda caixa		
		Paralela (20)	Convergente (12)	Divergente (3)
Com relação às linhas da primeira caixa	Paralela (6)	4	0	2
	Convergente (19)	10	9	0
	Divergente (10)	6	3	1

Figura 39 - Relação entre o comportamento das linhas da segunda caixa

Tentando estabelecer o papel da referência, trazida pelo desenho feito no perspectógrafo, na opção dos alunos, fomos buscar os resultados da primeira antecipação, quando o aluno não dispunha de um desenho que pudesse servir de referência. O quadro da figura 40 recupera os dados da primeira antecipação<sup>116</sup> e os coloca, lado a lado, daqueles obtidos na segunda. O quadro da figura 41 resume as ocorrências obtidas e permite uma análise comparativa entre os resultados das duas ações.

Na primeira antecipação haviam 19 sujeitos que utilizaram as linhas paralelas para representar a caixa. Já na Segunda, 7 sujeitos não conservaram este procedimento e fizeram suas linhas convergirem (e mesmo um sujeito as representou de maneira divergente). Ainda que seja possível identificar uma estabilidade na representação das linhas para alguns dos alunos, é possível verificar também uma modificação no procedimento de outros. O mesmo pode ser observado junto ao grupo de sujeitos que utilizou as linhas convergentes para a primeira antecipação, onde três alunos voltaram a utilizar as paralelas em seu segundo desenho.

Para tentar compreender a origem destas modificações, ocorridas nos procedimentos da primeira e segunda antecipação, será necessário analisar a relação que pode existir com o desenho de referência que se encontrava sobre a folha, quando do início da ação da segunda antecipação. Esta análise será contemplada a seguir.

	1ª antecipação			2ª antecipação		
	P	C	D	P	C	D
Van	•					•
Cath		•			•	
Clém	•			•		
Max		•			•	
Carin	•				•	
Alexa R	•			•		
Jessi	•			•		
Maga		•			•	
Sophi	•				•	
Valér		•			•	
Alexa L		•		•		
Luci	•			•		
Peri	•			•		
Alay	•				•	
Flor		•		•		
Auré	•			•		
Coris		•		•		
Cécil	•				•	
Célin	•			•		
Pier	•				•	
Aur	•			•		
Mel	•			•		
Véro	•			•		
Yael	•			•		
Caro	•				•	
Julie			•	•		
Phili	•			•		
Benja		•			•	
Total	19	8	1	16	11	1

P= Paralela; C= Convergente; D= Divergente

Figura 40 - Comportamento das linhas inclinadas na 1ª e 2ª antecipação

Relação entre as linhas das caixas		Primeira antecipação - 1ª caixa		
		Paralela (19)	Convergente (8)	Divergente (1)
Segunda Antecipação 2ª caixa	Paralela (16)	12	3	1
	Convergente (11)	6	5	0
	Divergente (1)	1	0	0

Figura 41 - Relação entre o comportamento das linhas, entre si, na 1ª e 2ª antecipação

#### 4.2.4.1 - Análise dos resultados

Tentando estabelecer que razões poderiam ser consideradas para uma modificação entre os procedimentos da primeira antecipação e aqueles adotados na segunda, devemos considerar os aspectos distintos entre as duas ações. A existência de um registro gráfico no espaço de desenho é um aspecto incontornável, e neste sentido, construímos o quadro da figura 42, onde as linhas inclinadas produzidas na

<sup>116</sup> Alguns resultados foram eliminados devido a uma exigência metodológica.

segunda antecipação são analisadas, sendo as posições paralelas, convergentes ou diferentes, com relação ao registro gráfico, que chamamos de referência.

Em uma primeira análise global destes resultados, observamos que na primeira antecipação as linhas paralelas foram as de maior ocorrência (19 entre os 28 desenhos). Com relação à referência as linhas convergentes contemplam a maior parte das produções gráficas (17 entre os 28 desenhos), e ao considerar as linhas da segunda caixa, entre si, voltamos a identificar as paralelas como a posição relativa de maior ocorrência (16 entre os 28 desenhos).

Podemos identificar uma modificação na estratégia adotada para o desenho, em cada uma das etapas, na medida em que as linhas paralelas não constituíram a maior ocorrência nas três ações. Se o abandono das paralelas, que tinham sido utilizadas na primeira ação, e a adoção das convergentes na parte inicial do desenho das linhas da segunda ação representa uma transformação da representação do sujeito, este fato não é confirmado pela posição relativa entre as linhas da segunda caixa, que voltam a ser em sua maioria paralelas. Pode-se imaginar que o desenho de referência pode provocar modificações na escolha do aluno, ele abandona as paralelas e utiliza as linhas convergentes, quando ele executa a primeira linha horizontal em profundidade da segunda caixa. Mas esta modificação não se mostra estável pois na ação seguinte, o desenho da segunda linha, ele retoma a opção pelas linhas paralelas.

Em uma análise mais minuciosa, decidimos agrupar os alunos segundo as transformações específicas de cada um. As possibilidades, sendo múltiplas, decidimos apresentá-las sob a forma de frames, figura 43, onde, em um primeiro nível, colocamos o resultado das linhas na primeira antecipação, no segundo nível, as diferentes opções adotadas pelo aluno ao traçar a primeira linha da segunda caixa. Este segundo nível representa a posição relativa, indicada como aspecto 2, da figura 38. No terceiro nível, apresentamos as opções feitas pelos alunos, em termos de posição relativa, para a representação das linhas da segunda caixa, entre si, e que correspondem ao aspecto 3 da figura 38.

	Linhas inclinadas								
	1a antecipação			2a antecipação					
				com a referência			entre si		
Sujeitos	P	C	D	P	C	D	P	C	D
Van	•			•					•
Cath		•			•			•	
Clém	•			•			•		
Max		•			•			•	
Carin	•				•			•	
Alexa R	•				•		•		
Jessi	•			•			•		
Maga		•			•			•	
Sophi	•				•			•	
Valéri		•			•			•	
Alexa L		•		•			•		
Luci	•				•		•		
Perin	•				•		•		
Alay	•				•			•	
Flor		•				•	•		
Auré	•				•		•		
Coris		•			•		•		
Cécil	•					•		•	
Célin	•					•	•		
Pierr	•				•			•	
Aurél	•				•		•		
Meli	•				•		•		
Véro	•			•			•		
Yael	•					•	•		
Caro	•					•		•	
Julie			•			•	•		
Phili	•				•		•		
Benja		•			•			•	
Total	19	8	1	5	17	6	16	11	1

Figura 42 - Comportamento das linhas nas duas antecipações

Observando a figura 43, podemos verificar que entre os 19 sujeitos que optaram pelas linhas paralelas, na primeira ação, apenas 4 mantiveram esta opção, no desenho da segunda caixa. Se considerarmos a primeira opção destes alunos como constitutiva de uma representação preexistente, podemos imaginar que, mesmo sendo a representação que existia no aluno antes do início da ação, ela não se manteve estável para uma maioria, ou seja, para os 11 alunos que decidiram, em um segundo momento, representar suas linhas de maneira convergente. Isto poderia indicar uma evolução na representação do aluno e na construção de conhecimentos específicos para a perspectiva central. Mas, mesmo no grupo de 11 alunos, que abandonaram as paralelas para adotar as convergentes, encontramos novamente, no terceiro nível da ação, um retorno para a opção das paralelas, quando do traçado da segunda linha em profundidade da segunda caixa. Se formos analisar a estabilidade de representações a partir destes dados, verificamos que apenas 3 alunos mantiveram sua opção pelas paralelas nas três ações das antecipações.

## Evolução do comportamento relativo entre as linhas

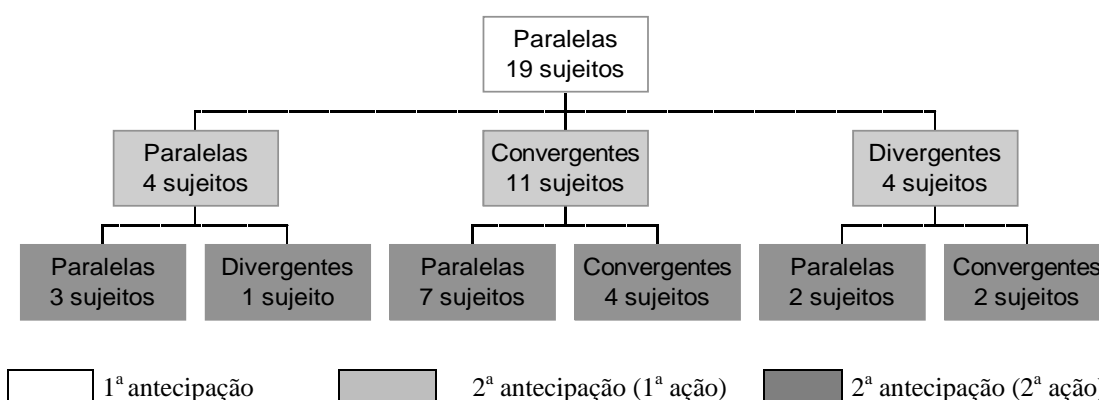


Figura 43 - Número de ocorrências, em termos de comportamento relativo das linhas, a partir da opção pelas linhas paralelas na primeira antecipação

Podemos talvez encontrar uma maior quantidade de representações estáveis junto ao alunos que optaram, desde a primeira ação, pela adoção das linhas convergentes, figura 44. De fato, entre os 8 sujeitos que utilizavam as linhas convergentes, quando da sua ação na primeira antecipação, 6 continuaram optando pelas convergentes na segunda antecipação e 5 as utilizaram em todas as etapas desta experimentação. Se optarmos por utilizar este critério para inferir a representação preexistente sobre o comportamento perspectivo das linhas da caixa, então podemos identificar uma maior quantidade de representações estáveis, junto àqueles que utilizam as linhas convergentes. Enfim, a utilização de linhas convergentes considera não apenas o conhecimento da forma, mas também, o ponto de vista exterior a ela, segundo o qual, é observada.

## Evolução do comportamento das linhas

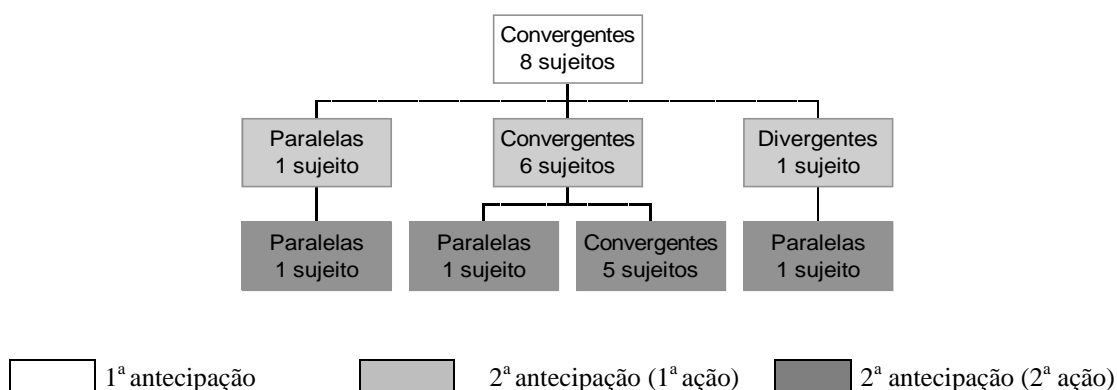


Figura 44 - Número de ocorrências, em termos de comportamento relativo das linhas, a partir da opção pelas linhas convergentes na primeira antecipação



Em uma segunda etapa do desenho podemos inferir as representações do sujeito, no que se refere às linhas inclinadas. Em um primeiro nível,  $Sa_1$ , o saber do aluno não indica que tenha sido considerado o quarto critério - as paralelas convergem - ainda que o segundo - as horizontais em profundidade se tornam oblíquas - possa também ser considerado como adquirido. Em um segundo nível,  $Sa_2$ , as paralelas em perspectiva são representadas através de linhas convergentes. A análise que fazemos leva em consideração o resultado da primeira antecipação e segue a evolução de cada grupo de indivíduos. No gráfico da figura 46, tentamos esquematizar os quatro tipos diferentes de evolução que foram encontrados. Tentaremos explicar as diferentes razões que explicariam cada curva.

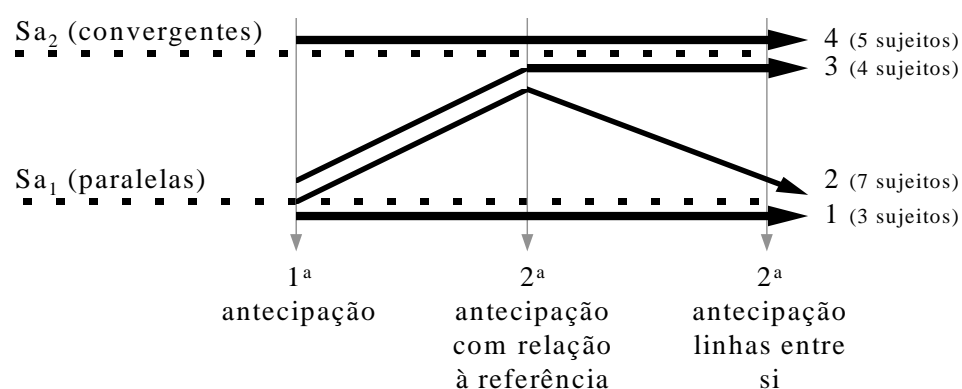


Figura 46 - Curvas de evolução entre a 1ª e a 2ª antecipação

A curva n. 1 é aquela onde o sujeito utiliza, nas três fases de desenho, a representação gráfica de linhas paralelas ao definir o desenho da caixa. Não encontramos indícios de uma mudança em sua representação e isso pode indicar uma forte resistência do conteúdo dos conhecimentos, preexistentes no aluno, a toda possibilidade de transformação. Encontramos três sujeitos com este tipo de comportamento. Consideramos esta curva como uma resistência não evolutiva. O aspecto de resistência se deve à ausência de modificações ao longo da ação e consideramos não evolutiva, pois não encontramos indícios de uma evolução da estrutura do conhecimento do aluno.

A segunda curva é aquela do sujeito que apresenta uma certa flexibilidade e onde a evolução é possível, mas a mesma se mostra instável. Os tipos de representação utilizadas são as paralelas seguidas de convergentes e no final, um retorno às



paralelas. Podemos supor que a existência de um desenho de referência, a partir do qual é iniciada a ação da segunda antecipação, pode ter provocado um distúrbio no equilíbrio das representações anteriores destes alunos. O sujeito teria assim sido levado a adotar as convergentes, para desenhar as linhas inclinadas com relação à referência. Isto pode indicar uma evolução, mas ela não se mostra duradoura. Na ação do desenho das duas linhas entre si, este grupo de alunos se mantém em sua representação anterior, não deixando espaço para uma transformação. Podemos considerar a hipótese de que o equilíbrio da estrutura do conhecimento do aluno tenha sido realmente atingido, mas que, o esforço do sujeito para reequilibrar esta estrutura, não considerou a possibilidade de assimilação da nova informação. Este comportamento nos indica que existe a possibilidade de romper o equilíbrio das estruturas cognitivas mas que o mesmo pode retornar à estabilidade, sem que necessariamente exista uma transformação. No entanto, a abertura dada por este desequilíbrio permitiria ao mestre entrar em ação e de fornecer outros elementos, para que a reestruturação ocorra de maneira a assimilar o elemento provocador da perturbação. Encontramos nas experimentações 7 alunos apresentando este tipo de evolução de um conhecimento, que não resistiu à perturbação, mas que reagiu à mesma e rejeitou uma transformação.

A terceira curva é aquela da transformação. Encontramos 4 sujeitos que apresentavam uma representação inicial, que foi desestabilizada já no início da segunda antecipação. Ao contrário do grupo anterior estes alunos incorporaram a perturbação de forma a assimilar seu conteúdo em um novo conhecimento. Consideramos a hipótese de que neste caso, o conhecimento do aluno foi transformado, visto que mesmo na segunda ação, da segunda antecipação, os alunos em questão continuaram a utilizar as convergentes como forma de representação gráfica. Estes alunos partiram de uma representação paralelas e adotaram uma representação convergente, o que pode indicar uma curva de evolução estável na situação.

A última curva que encontramos, como representativa dos aspectos evolutivos entre a primeira e a segunda antecipação, é aquela que indica também uma estabilidade, mas desta vez no segundo nível do saber,  $Sa_2$ . Encontramos 5 alunos que utilizavam, desde o início da primeira antecipação, as linhas convergentes para representar a caixa, e estes alunos não encontraram nenhuma razão para alterar esta opção. Suas representações não deveriam ser perturbadas pela presença de uma representação gráfica, a partir da qual se desenvolve a segunda ação, uma

vez que a mesma contempla também as linhas convergentes. Consideramos esta curva como de uma estabilidade evoluída.

A existência de uma referência em termos de desenho, que inclui as linhas convergentes determinou, junto a alguns alunos, um efeito de evolução cognitiva. Na segunda antecipação o aluno deveria traçar duas linhas inclinadas. No momento de traçar a primeira delas, ele leva em consideração o desenho da primeira caixa, presente sobre sua folha de papel. Já no traçado da segunda linha, o desenho de referência não teria o mesmo efeito e o sujeito retorna aos esquemas de suas representações anteriores. Ele pode assim voltar a representar suas linhas, segundo retas paralelas, ou, caso sua representação tenha sido transformada, adotar as linhas convergentes. As representações existentes não parecem ter sido resistentes, uma vez que 11 sujeitos tiveram seus esquemas desestabilizados pelo desenho de referência, ainda que apenas 4 deles tenham realmente transformado suas representações. Para a introdução da estratégia do jogo de quadros é preciso que algumas instabilidades possam ser provocadas. A situação de desequilíbrio é favorável para a construção do conhecimento. A utilização de um segundo quadro pode vir a fornecer as respostas que não puderam ser obtidas antes e elas assim são "traduzidas" no quadro inicial.

A mudança na opção pelas linhas convergentes não teria sua origem em uma ação sobre o perspectógrafo, mas principalmente, teria sido influenciada pela presença do desenho de referência, a partir do qual iniciava a segunda antecipação. Nesta situação o aparelho ocupa principalmente o pólo de referência real, assim como as duas caixas que fornecem informações para o aluno na sua ação. O instrumento indicado no modelo SEI assume a forma de um instrumento sêmico<sup>117</sup>, servindo de comunicação entre dois indivíduos, o aluno e o mestre, e se referindo a um referente real. É através deste instrumento que o mestre vai inferir o conteúdo do conhecimento do aluno, de maneira a poder planejar sua interferência no mesmo. A identificação do efeito perturbador do desenho de referência sobre a representação do aluno, pode representar uma abertura para uma estruturação mais evoluída do conteúdo do conhecimento. O mestre, como condutor do processo de aprendizagem, encontra uma maior possibilidade de interferir sobre um meio instável, e carente de estruturação, que sobre uma representação resistente a todo tipo de modificação.

---

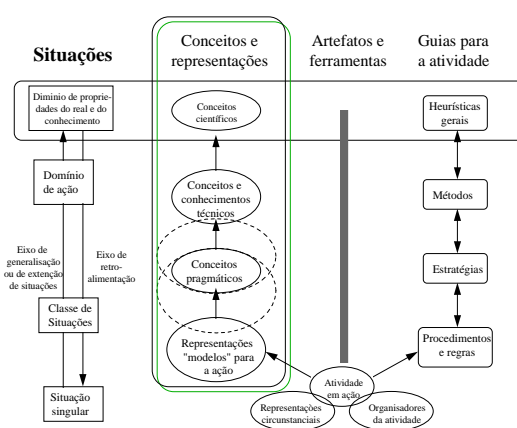
<sup>117</sup> Verillon, Pierre (1996) A problemática do instrumento: Um quadro para reflexão do ensino do grafismo. opus cit.

#### 4.2.5 Conclusões da primeira experimentação e a evolução das estruturas

Na análise dos dados desta experimentação, procuramos identificar como a ação com o instrumento poderia ser interpretada, segundo a dinâmica do modelo SEI. Para concluir esta análise, devemos avaliar a evolução das estruturas incluídas no modelo Compety, que colocam em relação os níveis de situações específicas do ensino da perspectiva, naquilo que se refere aos conceitos e representações, aos esquemas organizadores da ação e aos instrumentos nela utilizados.

##### 4.2.5.1 O eixo dos conceitos e representações

Para analisar a evolução destas estruturas, consideramos um estado inicial que implica as representações circunstanciais do sujeito sobre a perspectiva. Na ação da primeira antecipação buscávamos de fato indícios sobre o conteúdo destas representações, existentes *a priori* no sujeito. Verificamos no resultado desta ação, a aquisição de alguns dos critérios da perspectiva, confirmando assim a existência de um conhecimento em perspectiva preexistente.



Modelo Compety

Na ação proposta com o aparelho, onde o aluno era solicitado a executar uma tarefa, ele é obrigado a construir certos esquemas, ligados inicialmente à ação em si e às condicionantes impostas pelo instrumento. Identificamos, na análise dos dados, o esquema de uso, que considera a necessidade de manutenção do ponto de vista ao longo da ação. Isto significa que o aluno teve que organizar sua ação, para poder realizar seu objetivo, no caso, o desenho da caixa. Na teoria da Atividade com Instrumentos, Rabardel propõe a noção de atividade imposta, que explica a necessidade de construção do esquema organizador da ação, pela caracterização de um processo de tomada de consciência e tratamento, pelo sujeito, das condicionantes da situação de atividade com o instrumento: o artefato constitui para o sujeito como um conjunto de condicionantes que lhe são impostas e



Figura 47 - Modelização da atividade com o perspectógrafo

que ele deve gerenciar na singularidade de cada uma de suas ações<sup>118</sup>. O artefato é portador de condicionantes, na medida em que ele comporta, mais ou menos explicitamente, uma pré-organização da ação daquele que o utiliza, definindo assim, as condicionantes de tipo estruturadoras da ação. Tendo como base estas noções de condicionantes impostas, deve-se escolher as atividades a serem propostas aos alunos. A atividade proposta deve exigir um esforço de adaptação do sujeito às condicionantes da situação específica. A figura 47 propõe um esquema que visa ilustrar esta evolução.

Os sujeitos, cujos dados de tempo foram apresentados na figura 27, identificaram a necessidade de organizar a ação para poder atingir o objetivo que lhes foi solicitado. Para tratar as condicionantes que lhes foram impostas, eles utilizaram mais tempo. Nesta maior necessidade de tempo para o traçado da segunda linha, podemos identificar a tomada de consciência, pelo sujeito, das condicionantes de estruturação da ação, contidas no aparelho, e que impõem organização da ação pela construção de um esquema de uso.

A atividade imposta resulta, assim, na construção de conceitos em ato, que não são mais ligados unicamente à situação particular da ação, mas que encontram sua validade em uma classe de situações. Nesta ampliação da validade de uma estrutura do eixo dos conceitos e representações, indicam um passo no sentido de construção da competência desejada. Ainda que tenhamos identificados unicamente conceitos em ato, mesmo porque a verbalização destes conceitos contemplou apenas uma pequena parte dos sujeitos examinados, esta estrutura integra o eixo dos conceitos em um nível intermediário, entre as representações para a ação e os conceitos pragmáticos.

No conteúdo deste tipo de conceito, podemos encontrar o invariante operatório similar àquele que definirá um conceito científico. Na seqüência do processo de engenharia didática, o mestre deve entrar em ação de forma a conduzir a

<sup>118</sup> Rabardel, Pierre (1995), Les hommes et les technologies, opus.cit., p. 175.

transformação, através da construção de um segundo quadro, deste tipo de conhecimento, em ato, nos conceitos científicos, segundo a estruturação proposta por Vergnaud<sup>119</sup>. Devemos considerar também a opção de construção de conceitos científicos, passando por processos de aquisições conceituais formais, processos este adequado para as situações, quando não se pode identificar claramente os conceitos em situação de ação. A figura 48 apresenta um esquema onde podemos avaliar as diversas possibilidades de formulações de conceitos e suas vinculações em termos de níveis.

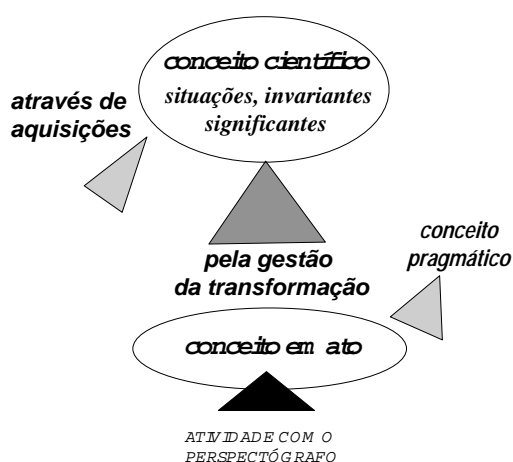


Figura 48 - Possibilidades de formulação de diferentes níveis de conceitos

Consideramos neste esquema as diversas situações possíveis de geração de um conceito. Primeiramente aquela que reflete a situação deste estudo onde os conceitos em ato são construídos na ação com o perspectógrafo. Estas estruturas básicas, à nível de conceito em ato, podem encontrar uma expansão em seu campo de validação, que fará com que ele seja aplicável em todo um domínio de ação. Esta transformação não ocorre

fora de um processo de formação. Na dinâmica de ensino, que visamos analisar neste estudo, consideramos a hipótese que os esquemas construídos, na situação de ação, podem conter os mesmos elementos de um conceito científico que se deseja ensinar. A condução da transformação em termos de expansão da situação, formalização dos invariantes e apropriação do sistema de significantes, adaptado ao domínio do conhecimento em questão, constituem as diretrizes do trabalho de condução de um processo guiado pelo mestre, tendo como objeto o aluno. De fato, um invariante da ação com o aparelho, que foi identificado, refere-se à necessidade de permanência do ponto de vista único para toda a ação. Este invariante não é exclusivo da atividade de ação, ele encontra um paralelo no conteúdo das formulações científicas. Sua identificação na ação é confirmada pelos dados obtidos e pelas confrontações executadas. Mas eles constituem um estágio embrionário, no desenvolvimento de um processo de conceptualização. Os

<sup>119</sup> Vergnaud, Gérard. (1985) Concepts et schèmes dans une théorie opératoire de la représentation, opus. cit.

invariantes de um conceito em ato devem inicialmente ser identificados e verbalizados, podendo assim, serem considerados como um conceito pragmático. Para evoluir no sentido de um conceito científico, o mestre pode agir no sentido de construção de uma ligação entre a ação prática e o conteúdo teórico da perspectiva, e assim, gerenciar algumas das etapas de seu desenvolvimento. Esta situação de condução da transformação não tem seu enfoque nesta manipulação, que considera unicamente a ação do aluno sobre o instrumento. Porém, é possível identificar na mesma a geração de estruturas que permitem esta evolução. A ação de engenharia didática consiste na criação da situação, com a ajuda do instrumento, permitindo a construção do sentido pelo próprio aluno, atribuindo ao mesmo uma parte da responsabilidade de sua aprendizagem.

#### **4.2.5.2 O eixo dos artefatos e ferramentas**

Para analisar as possibilidades de evolução no eixo dos artefatos e ferramentas, devemos lembrar o princípio básico da constituição do instrumento, que faz do mesmo uma entidade mista, composta de um elemento material e um elemento esquemático. Em uma etapa inicial da ação, consideramos unicamente o elemento material, uma vez que o aluno toma consciência de sua existência sem porém conhecer seu uso. Na medida em que se faz a prescrição da tarefa a ser executada ele constrói uma representação para sua ação, que não contempla todos os aspectos da situação de fato. Na ação é possível identificar a construção de pelo menos um esquema de uso. Trata-se de um esquema ligado à ação com o aparelho, que representa a componente esquemática do instrumento. Neste estágio de formulação de esquemas, ainda consideramos o perspectógrafo como o instrumento, mas já podemos visualizar uma ligação entre o esquema de uso - não se pode mexer a cabeça - com o conteúdo teórico da perspectiva. O invariante identificado pode ser visto como parte de uma formulação pragmática, do ponto de vista único da perspectiva. Este mesmo invariante pode ser encontrado em diferentes graus de representação, o primeiro ligado ao perspectógrafo e gerado na ação do aluno com o mesmo. Consideramos a hipótese de que em sua evolução, este mesmo invariante se relaciona com a perspectiva, enquanto instrumento sêmico. Neste sentido, propõe-se a representação desta evolução a partir do gráfico da figura 49.

Em um primeiro momento o perspectógrafo é apenas um artefato e na ação do aluno se constróem os esquemas, que se associam ao mesmo, caracterizando o processo de gênese instrumental. Mas, ao considerarmos o aparelho como uma

forma limitada de simulação dos efeitos perspectivais, estamos lhe conferindo um estatuto de meio, para a construção de um outro instrumento, que seria a perspectiva, enquanto método de representação gráfica. Na medida em que o novo instrumento se constrói, identifica-se uma transformação na componente artefactual do mesmo, conservando porém, alguns dos esquemas invariantes, que são construídos na ação. Um deles foi identificado nesta experimentação e se refere ao ponto de vista único. Inicialmente ele se vincula ao perspectógrafo, enquanto artefato. Este mesmo esquema pode se vincular a outro tipo de artefato e assim representar a origem de um outro instrumento. Esta vinculação não se encontra, porém, na ação desta primeira experimentação, mas sua identificação pode orientar uma condução didática no sentido da construção, junto ao aluno, de um conhecimento específico no campo teórico da perspectiva. O perspectógrafo, enquanto aparelho, possui de fato uma capacidade de simulação limitada, enquanto recurso tecnológico. Os conhecimentos sobre a perspectiva tendem a evoluir, em um processo de condução da aprendizagem, e a componente tecnológica do instrumento encontrará, nesta evolução, um limite que não poderá ser ultrapassado. Consideramos, porém, a hipótese de que os esquemas que foram construídos na ação não encontrarão esta limitação e podem evoluir transformando assim o instrumento. Neste ponto, o perspectógrafo deixaria de ser utilizado, enquanto aparelho ainda que sua representação, junto ao aluno, possa ser evocada e nesta transformação de seu estatuto ele seria substituído pelo conhecimento formal, que no aparelho se encontra incorporado.

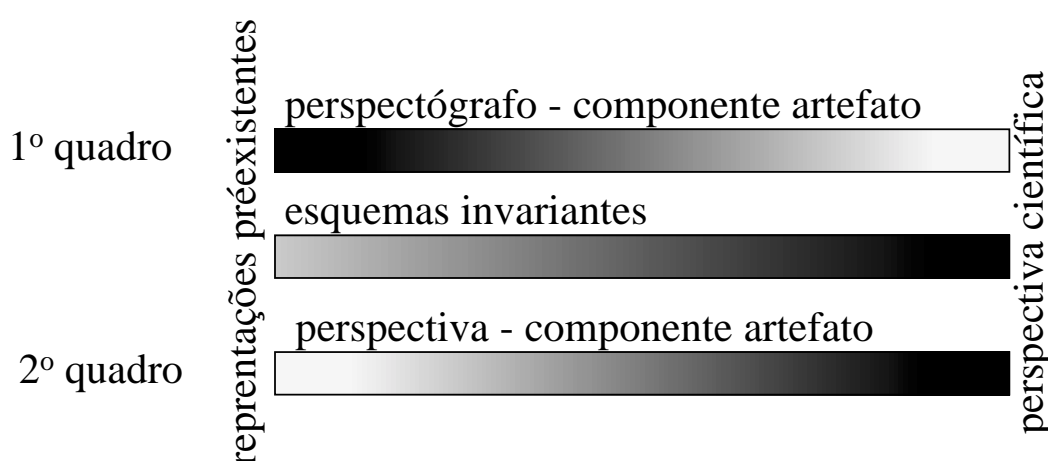


Figura 49 - Hipótese evolutiva dos instrumentos no modelo Compety





para execução da tarefa, uma segunda estratégia, que não considera a construção de sub-objetivos materializados pelas linhas da caixa, mas de materialização dos pontos limites das mesmas. Dois dos sujeitos analisados executaram sua tarefa marcando inicialmente os sete pontos limites, entre as nove linhas da caixa. Para tanto, eles utilizaram poucos segundos. Em uma segunda fase deste procedimento, estes dois alunos ligam os pontos pelo traçado de linhas, sem estarem sujeitos à avaliação da superposição da régua à imagem da linha, que esta sendo representada. De fato, estes alunos nem mesmo mantêm seus olhos sobre o anel, pois nesta segunda fase de sua ação, todos os dados necessários para a execução do desenho já foram apropriados. Evidentemente este procedimento caracteriza uma outra forma de ação, que evidencia uma abertura no campo de ação possível, através do uso do instrumento. Em termos de procedimento, este segundo se identifica mais ao processo perspectivo em si, onde dois pontos são identificados, permitindo o traçado de uma linha. Porém, esta ação é feita na perspectiva de modo ritmado, ou seja, na construção de uma perspectiva, a identificação de dois pontos precede o traçado de uma linha, constituindo assim um sub-objetivo. Na ação com o instrumento existe a possibilidade de identificar todos os pontos, antes se lançar no traçado das linhas, possibilidade esta quase impossível em se tratando do método gráfico.

Em um outro nível do eixo dos elementos guias para a atividade, sem que isso signifique uma transformação do nível precedente, podemos também identificar, nesta experimentação, algumas estratégias que guiavam a ação. Na análise da ordem do desenho escolhida, vimos uma estratégia que conduzia o sujeito à construir o desenho, segundo as unidades de superfície (frontal, superior e lateral). Esta estratégia é aquela que foi utilizada pelo maior número de alunos e ela pode indicar uma apropriação do objeto desenhado (a caixa), enquanto um volume geométrico constituído por superfícies geométricas. Vimos também estratégias guiadas por uma orientação mais próxima do método perspectivo (superfície frontal, linhas fugantes e linhas do fundo). Isto não significa que um método perspectivo estaria sendo ativado, mas revela uma proximidade ou mesmo uma predisposição, da parte do aluno, à integração do método em uma elaboração esquemática para a organização da ação.

---

<sup>120</sup> Rabardel, Pierre (1995) *Les hommes et les technologies*, opus cit., p. 174.

De fato, no âmbito do modelo Compety, para que se possa verificar os indícios de um método de orientação e guia da atividade é preciso considerar, paralelamente, que a competência do aluno contemplaria, no eixo dos conceitos e representações, os conceitos e conhecimentos técnicos referentes à um domínio de ação. Nesta primeira experimentação identificamos unicamente a formulação de um conceito de nível pragmático. A evolução do processo de condução da aprendizagem da perspectiva com a ajuda do perspectógrafo, deve ser examinado em novas experimentações, onde o conhecimento em questão se encontre em um estágio mais elaborado, ou quando já tenha sido incluído um segundo quadro de análise do mesmo.

De fato, no âmbito do modelo Compety, para que se possa verificar os indícios de um método de orientação e guia da atividade é preciso considerar, paralelamente, que a competência do aluno contemplaria, no eixo dos conceitos e representações, os conceitos e conhecimentos técnicos referentes à um domínio de ação. Nesta primeira experimentação identificamos unicamente a formulação de um conceito de nível pragmático. A evolução do processo de condução da aprendizagem da perspectiva, com a ajuda do perspectógrafo, deve ser examinado em novas experimentações, onde o conhecimento em questão se encontre em um estágio mais elaborado, ou quando já tenha sido incluído um segundo quadro de análise do mesmo.

#### **4.3 - O instrumento e a gestão de parâmetros**

Em uma segunda experimentação os alunos foram submetidos a um outro tipo de ação sobre o aparelho. O objetivo desta ação não é mais de produzir uma representação gráfica, mas de obter uma regulagem do conjunto aparelho/objeto, de modo a obter uma imagem decidida *a priori*. Este objetivo é apresentado para o aluno sob a forma de um problema. Na análise das ações do aluno, em busca de uma solução, visamos identificar, através das condicionantes da situação, quais seriam as estratégias, adotadas pelo sujeito, para atingir o objetivo geral da ação. De fato, buscava-se identificar a construção de algoritmos, para a identificação de parâmetros, que devem ser considerados na busca de uma solução.

Nesta experimentação buscávamos verificar as possibilidades de simulação do espaço projetivo, que permite o aparelho. Consideramos inicialmente que o anel metálico irá simular um ponto de observação que pode também ser utilizado pelo próprio sujeito. O quadro de vidro simula o plano de referência que corta o feixe de raios projetivos, de modo a definir uma representação gráfica de tipo perspectiva. A presença de conhecimentos incorporados do instrumento, pode ser identificada à partir dos dados da primeira experimentação. Na proposta desta manipulação o objetivo é de colocar os alunos em relação com os parâmetros que entram em ação no domínio do « saber » em perspectiva. Eles não irão executar um desenho, mas eles são solicitados a regular o aparelho de maneira a que seja possível obter uma perspectiva previamente definida. Nesta ação de regulagem, eles estarão manipulando estes parâmetros em um quadro material sem, necessariamente, estarem conscientes de sua visualização com um quadro geométrico.

A produção de uma perspectiva exige normalmente um certo rigor de precisão, principalmente no que se refere à posição do olhar. Esta necessária precisão mostrou seus efeitos por ocasião da primeira experimentação. Nesta segunda manipulação, a precisão não pode ser uma condição para a ação, mesmo porque os alunos não irão produzir um desenho, mas buscar uma posição de observação. Neste sentido, será preciso compreender a noção de *configuração*, ou seja, será preciso considerar as proporções da forma observada, sem o rigor de precisão de medidas da mesma. A proximidade do objeto do quadro de referência, ou a distância entre o observador e o quadro, são dois parâmetros que resultam em diferentes dimensões do desenho da representação gráfica. Neste sentido, foi proposto aos alunos a noção de dimensões aproximadas e de configuração da forma, para reduzir as expectativas em termos de precisão que não poderão ser atingidas.

Um segundo aspecto das condicionantes pragmáticas se refere à relação entre objeto e observador. Nas diversas posições que sugerem as perspectivas, previamente definidas, algumas consideram que o observador ocupe uma posição mais baixa que aquela ocupada pelo objeto. No entanto, esta é uma limitação do aparelho que não permite que esta relação seja obtida, sem que seja feita uma interferência junto ao objeto. Assim, quando o aparelho não permite que o observador reduza sua altura, resta a possibilidade de elevar aquela do objeto observado. Neste sentido, apresentou-se aos alunos certos tipos de apoios de alturas diversas, que poderiam ser utilizados, caso ele julgasse necessário interferir na relação da altura entre observador e objeto.

Para esta manipulação foram preparadas fichas contendo uma perspectiva de uma caixa de proporções semelhantes àquela utilizada nos primeiros testes. Em cada ficha foi produzida uma variação do ponto de observação, no sentido vertical e horizontal, e na orientação da caixa no espaço. Algumas fichas foram escolhidas de acordo com certas posições particulares entre o observador e o objeto. Estas posições correspondem à redução dos elementos geométricos (plano em projeção que se reduz à uma reta ou reta em projeção que se reduz à um ponto). Para regular o aparelho, de maneira a obter um resultado semelhante àquele destas posições particulares, seria necessário identificar uma posição precisa entre o objeto e o observador. Primeiramente o aluno deverá identificá-lo, para em seguida,

tentar reproduzir a posição identificada através da regulação do conjunto aparelho/objeto.

Existiam 42 possibilidades em termos de perspectiva. Destas foram escolhidas três, segundo os seguintes critérios. A primeira ficha deveria apresentar a caixa em uma posição que comporta uma solução geral (figura 50), em termos de posição do observador tanto no eixo vertical como no eixo horizontal. Ou seja, haveriam diversas respostas possíveis, considerando a posição relativa entre o objeto e observador, em ambos os eixos.

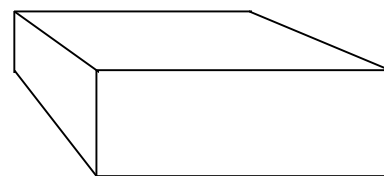


Figura 50 - Perspectiva da primeira ficha

A segunda ficha apresentaria a caixa em uma posição particular de observação (figura 51). Neste caso, a posição relativa entre objeto e observador deveria respeitar uma posição precisa, no que se refere ao eixo horizontal. Isso significaria

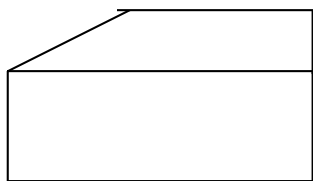


Figura 51 - Perspectiva da segunda ficha

uma multiplicidade de posições, quanto à altura de observação, mas uma posição precisa quanto à posição lateral, uma vez que, uma das superfícies laterais da caixa estaria sofrendo uma redução, á nível de projeção, a uma linha. A posição relativa entre o objeto e o observador deveria levar em consideração que este último vai ocupar uma única posição, de topo, com relação à superfície reduzida.

A terceira ficha (figura 52), consideraria este mesmo tipo de restrição quanto a um dos eixos, desta vez o vertical. Neste caso, a superfície de base da caixa representada estaria sendo reduzida à uma linha.

Antes de iniciar a ação, apresentou-se para o aluno as diversas possibilidades tecnológicas de regulação. Em termos de altura, o anel metálico poderia assumir inúmeras posições com relação ao bastão sobre o qual ele é fixado. Em termos de variações horizontais, este mesmo bastão, pode se deslocar lateralmente. Com relação à altura do objeto observado, apresentou-se ao aluno os diversos elementos

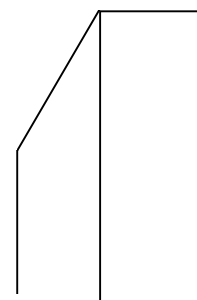


Figura 52 - Perspectiva da terceira ficha

que permitiriam elevar sua altura a diversos graus.

Os parâmetros que entram em ação nesta experimentação podem ser agrupados em três classes. A primeira é aquela da posição da caixa com relação ao quadro de vidro. A ação sobre este parâmetro poderá ser verificada à partir da relação que o sujeito faz entre a representação gráfica, que lhe é proposta, e a maneira como ele posiciona a caixa diante do aparelho. Trata-se, neste caso, da identificação da conservação das direções da superfície frontal, na representação gráfica, com relação à sua origem em uma posição paralela da caixa, diante do quadro de vidro do aparelho. Esta é uma versão pragmática do primeiro critério da perspectiva (as verticais e as horizontais no plano continuam verticais e horizontais). Levando em consideração este critério, restaria ao aluno apenas duas opções, posicionar a caixa de forma paralela ao quadro ou de forma inclinada. O primeiro critério já foi considerado adquirido em duas oportunidades, quando da primeira experimentação. Nesta segunda manipulação ele será mais uma vez observado e espera-se poder confirmar seu domínio.

Um segundo parâmetro é aquele da orientação das dimensões da caixa no espaço. A caixa considerada é a mesma da primeira experimentação e apresenta três dimensões bastante diferentes. Entre os desenhos apresentados nas três fichas, duas delas consideram a caixa deitada e a terceira a representa em pé. Esta distinção fornece um primeiro critério para analisar este parâmetro, ainda que o mesmo esteja sujeito a uma certa ambigüidade, considerando que a caixa pode estar « em pé », mas apoiada sobre o lado maior, ou sobre o lado menor. Já explicamos anteriormente que uma das condicionantes pragmáticas desta experimentação nos levava à minimizar os critérios de precisão, uma vez que o aluno não disporia de meios para satisfazê-lo. Isso nos conduz a levar em consideração as possíveis ambigüidades, para não considerá-las como um erro. A questão da configuração em perspectiva faz com que a representação de uma caixa deitada, com o seu lado menor paralelo ao quadro, seja a mesma que uma representação onde seu lado maior é paralelo ao quadro, como nos mostra a figura 53. A distinção entre as duas seria feita segundo critérios de precisão que, como já foi dito, não poderão ser atendidos nas condições desta experimentação.

Devido a esta ambigüidade iremos avaliar unicamente o aspecto da orientação da caixa - em pé ou deitada -, sem prestarmos atenção à distinção entre seus lados.

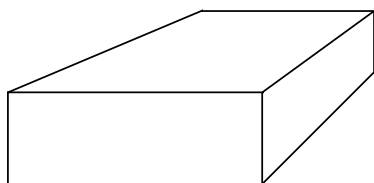


Figura 53a - Perspectiva de uma caixa deitada com o lado menor paralelo ao quadro

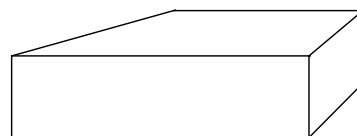


Figura 53b - Perspectiva de uma caixa deitada com o lado maior paralelo ao quadro

Os dois primeiros parâmetros fazem referência à posição da caixa, com relação ao quadro de vidro e a sua orientação no espaço, de maneira quase independente do olhar do observador. O terceiro parâmetro considera, porém, as diversas possibilidades da relação objeto/observador. Esta relação é expressa através da combinação entre o eixo vertical e horizontal. O observador pode ocupar, com relação à caixa, uma posição mais alta, e assim observar a sua superfície superior. Ele pode também ocupar uma posição de mesma altura que o objeto, e assim ele não poderá observar nem a superfície superior, nem a superfície inferior do mesmo. Um terceiro caso considera que o observador se encontre em uma posição mais baixa que o objeto e assim ele poderá observar a superfície inferior, ou de base, da caixa. A estas três posições podemos acrescentar os limites, quando o observador se encontra na mesma altura da superfície superior, ou inferior, da caixa. Estas duas posições consistem em uma posição particular, onde uma das superfícies observadas irá se reduzir, em projeção, à uma reta. O quadro da figura 54 apresenta estas possibilidades de perspectiva para estas posições particulares, combinando as alternativas em termos de eixo horizontal e vertical. Se desejarmos observar como estas combinações funcionariam, para o caso em que a caixa se encontre em pé, basta rotacionar o quadro em 90 graus e considerar, respectivamente, as variações laterais como variações de altura.

Relação entre o observador e a caixa	à esquerda da caixa	no limite esquerdo da caixa	em frente da caixa	no limite direito da caixa	à direita da caixa
Mais alto que a caixa					
No mesmo nível que a					

superfície superior					
Numa variação de altura igual àquela da caixa					
No mesmo nível da superfície de base da caixa					
Mais baixo que a caixa					

Figura 54 - O quadro apresenta uma combinação entre as possibilidades de observação de uma caixa deitada, segundo as variações de posição em um eixo horizontal e vertical.

#### 4.3.1 - Análise dos dados da segunda experimentação

As três fichas que foram escolhidas para a ação, nesta experimentação, consideram as três classes, segundo as quais, podem ser agrupados os casos apresentados. Primeiramente, uma situação global comportando uma resposta geral, sem nenhuma exigência específica de precisão. No segundo caso, uma posição específica deve ser encontrada, no que se refere ao eixo horizontal. Uma das superfícies lateral da caixa estará se reduzindo à uma reta e é preciso identificar a posição de observação, que resultará neste efeito de projeção. No terceiro caso, poderíamos classificar a situação perspectiva como uma simples de redução, semelhante ao anterior, mas a reação dos alunos a esta situação específica mostrou que apesar de similar, do ponto de vista geométrico, as duas situações comportam diferenças significativas resultando, no segundo caso, em fortes bloqueios por parte do sujeito em ação.

Em cada um destes grupos de situações foi possível identificar particularidades, mas em uma análise geral, encontramos comportamentos globais semelhantes. Na conduta de regulação o início da ação se faz pela leitura da ficha, que traz as informações sobre a posição que se busca, através da regulação do aparelho, e é seguida por uma ação inicial sobre a caixa. Os dois primeiros parâmetros abordados são, neste caso, a relação da caixa com o quadro de vidro e sua orientação do espaço. Somente após, o sujeito inicia a regulação do ponto de observação, seja no eixo horizontal ou vertical.



Ao longo de toda a ação identificamos também ciclos que indicam uma seqüência de avaliação, representados por uma tomada de informação, passando por um olhar através do anel e seguido por uma comparação com as informações que estão contidas na ficha. Estas seqüências são a origem de uma ação de regulação, ou elas conduzem o sujeito a considerar sua ação concluída após uma avaliação positiva. Trata-se de uma tomada de informação sobre a imagem obtida através do aparelho e a comparação com as informações do referente, representada pela imagem da ficha.

#### **4.3.1.1 - As posições gerais de observação**

A prescrição da ação exige do aluno que o mesmo resolva um problema. Deve-se organizar os elementos materiais da situação, de forma a obter o resultado solicitado. O sujeito deve se adaptar às condições da prescrição. Encontramos, mais uma vez, indícios de uma atividade imposta, porém, desta vez não identificamos a construção de um esquema, como era o caso na primeira experimentação, mas a possibilidade de trabalhar sobre vários. Segundo a análise, identificamos uma uniformidade na conduta de resolução do problema, mesmo quando se trata de posições diferentes. Mas, mesmo que a atividade seja imposta ao sujeito, exigindo do mesmo uma adaptação, ela permite também uma abertura no campo de ações possíveis, neste caso, identificadas pelas diversas estratégias adotadas pelos alunos.

Podemos fazer uma distinção, na condução da resolução dos problemas, entre uma primeira parte, dedicada a definição da posição da caixa, e uma Segunda, onde se busca uma posição satisfatória para o anel. Para realizar a primeira regulação, o aluno colocará em ação seus conhecimentos sobre a perspectiva, principalmente no que diz respeito ao primeiro critério (conservação de direções e ângulos em uma superfície paralela). Nesta experimentação verificamos se os conhecimentos da perspectiva são operacionais, em um sentido diferente daquele abordado anteriormente, quando buscávamos identificar a aquisição deste critério, na produção de um desenho. Na primeira experimentação o sujeito deveria identificar a situação do paralelismo e produzir o desenho, com a conservação de ângulos e direções. No caso da Segunda, o sentido é o inverso. Exige-se do aluno o reconhecimento da conservação de ângulos e direções e ele deve produzir a situação que originaria este efeito. Trata-se de uma operação diferente, que

contempla o mesmo critério, e que permite avaliar a competência do aluno, no emprego de seus conhecimentos. Se anteriormente tínhamos considerado que o primeiro critério já tinha sido adquirido pelo aluno, através dos resultados agora obtidos, podemos mesmo inferir a competência do aluno em utilizar o conhecimento adquirido.

Em uma segunda parte da ação, o aluno começa a procurar a posição de observação, adaptada ao resultado esperado. Neste sentido ela deve buscar a posição do anel que irá proporcionar este resultado. Para o caso da primeira ficha, que comporta mais de uma resposta possível, ele deve situá-lo dentro dos limites aceitáveis. Nesta busca pelos limites do aceitável o aluno escolhe uma estratégia. De fato, a partir dos dados obtidos, foi possível identificar diversas opções em termos de estratégias. Assim, se o instrumento impõe ao aluno uma organização de sua ação, de maneira a poder resolver o problema apresentado, ele permite, por outro lado, uma abertura no campo de ações possíveis para a sua solução. Isto porque, foi possível identificar quatro tipos de estratégias diferentes, referentes à ação de busca da posição de observação: tentativa-erro, busca com o próprio olhar do sujeito, busca com o próprio olhar mantido no anel e a tomada de medidas.

Na estratégia de tentativa-erro, o aluno parte de uma idéia geral da localização do anel. Ela o leva a posicionar os elementos da maneira que ele imagina correta. Para tanto, utiliza os meios de regulação oferecido pelo aparelho e em seguida ele faz uma tomada de informação, por meio de um olhar através do anel. Ele compara a imagem que ele vê com aquela apresentada na ficha, ou seja, ele executa aquilo que já havíamos identificado como um ciclo de avaliação. Se o resultado não é aquele esperado, ele retoma sua ação sobre o aparelho e muda novamente sua posição. Nesta estratégia vai existir uma sucessão de ação e de avaliação, até que o resultado satisfatório seja obtido. Ainda que no início o aluno tenha lançado mão, ao optar pela primeira posição do anel, de sua representação inicial, ele continua sua ação se baseando unicamente em sua própria representação, que sofre modificações na medida em que ele obtêm as respostas em seus ciclos de avaliação.

Uma segunda estratégia utilizada é aquela em que o aluno faz a opção por identificar, por si mesmo, a posição de observação. Ele busca, independentemente da ação sobre o anel do aparelho, a posição que vai resultar na resposta esperada,

utilizando para tanto seu próprio olhar. Ele obtém uma informação sobre a ficha e, em seguida ele busca a posição desejada modificando a posição de sua cabeça até o momento em que ele identifica um resultado satisfatório. Neste momento, ele guarda a posição identificada mantendo sua cabeça « imóvel ». Em seguida ele leva o bastão e o anel a posição identificada. Ele se serve de seu próprio olhar como referência, para depois regular o aparelho. No final, ele volta a fazer um ciclo de avaliação, desta vez olhando através do anel e comparando com as informações da ficha.

A terceira estratégia consiste em uma ação sobre o anel concomitantemente com o olhar. O sujeito leva o anel à uma posição satisfatória uma vez que, à medida em que ele o movimenta, ele movimenta também seu olhar que se mantém fixo no mesmo. A referência para obter a boa posição é obtida através da observação direta. É o olhar direto sobre o objeto que vai servir de critério para finalizar a regulação. Neste caso, o objeto é a imagem da caixa vista à partir do ponto de observação, materializado pelo anel do aparelho. Ao fim desta ação o sujeito volta a analisar a ficha e pode mesmo, no caso de uma avaliação positiva, considerar a atividade como concluída. Esta estratégia pode ser analisada como uma combinação entre a primeira, tentativa-erro, e a Segunda, quando o sujeito utiliza seu próprio olhar para identificar uma resposta satisfatória. Nesta terceira estratégia o aluno executa suas tentativas mas, desde o início da ação, ele utiliza um critério materializado por seu olhar.

A última estratégia identificada foi desenvolvida tendo como origem as tentativas-erros e evoluindo no sentido da geração de instrumentos, pelo aluno. Trata-se de um processo de gênese instrumental, que atribui a uma componente artefactual, já existente, o estatuto de instrumento pelo desenvolvimento de esquemas de uso adaptados a ação. No desenrolar da atividade, onde foi identificado o uso desta estratégia, as primeiras ações do sujeito indicavam que ele havia feito a opção pelo uso da estratégia de tentativa-erro. Mas, como as ações sucessivas não resultavam em uma resposta aceitável, o sujeito busca outra alternativa como busca de solução. Neste momento da situação de ação ele faz uso de um lápis, como instrumento de medida, para transferir para o bastão, sobre o qual está fixado o anel de observação, a informação sobre a altura que o mesmo deve Ter, para que a imagem obtida corresponda àquela contida na ficha. Em um outro caso o aluno faz uma projeção da altura da caixa, trazendo esta informação até o bastão, através de

um movimento de sua mão mantida no nível identificado junto à caixa. Junto a um terceiro sujeito verificamos este processo de gênese instrumental, quando o mesmo manteve seu dedo indicador em frente a seu olhar, enquanto este buscava a posição aceitável de observação. Quando a mesma foi identificada o aluno manteve o dedo em posição, enquanto ele trazia o bastão para ocupar o lugar « marcado » pelo mesmo. Em uma ação onde o objeto do sujeito é a identificação de uma medida, o estatuto de instrumento é conferido a um lápis, ao dedo ou à mão do sujeito, se mantendo ativo enquanto durar esta fase da mesma. Estas constatações permitem confirmar o caráter misto do instrumento e sua destinação específica à uma ação finalizada.

#### 4.3.1.2 - As posições particulares de observação

Nas situações em que o aluno deveria trabalhar, de modo a obter uma posição particular de observação, identificamos as mesmas condutas globais, ou seja, o tratamento do problemas em duas fases, a posição da caixa com relação ao aparelho seguida da identificação da posição de observação, assim como os ciclos de avaliação. O que é específico desta situação se refere à necessidade de encontrar a posição precisa do observador, com relação ao objeto observado de modo a obter a redução, na projeção, de uma superfície a uma linha. Para resolver o problema será preciso, inicialmente, que o aluno identifique o efeito de redução. Este efeito se apresenta, na ficha, sob a forma de uma linha que deve ser interpretada como uma superfície. A figura 55 apresenta a perspectiva que era apresentada ao aluno, através da ficha, onde a superfície lateral se reduz a uma linha - aqui representada em destaque - devido à posição particular de observação.

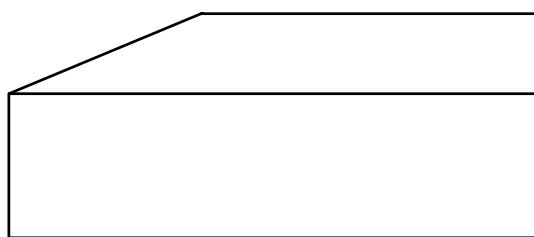


Figura 55 - Perspectiva de uma caixa com o observador situado « de frente » à uma superfície lateral da mesma. A linha verde destaca a superfície reduzida.

A primeira fase na conduta da solução do problema requer do aluno que sejam acionadas suas representações anteriores a respeito da perspectiva. Mas, os parâmetros que são colocados em ação, já descritos anteriormente, se referem unicamente à posição relativa da caixa e do quadro de vidro e à orientação espacial da mesma no espaço. O fato de haver uma superfície reduzida a uma linha não

parece interferir no desenrolar da ação, ao menos no que se refere à primeira parte da mesma. Esta particularidade da representação só será questionada quando da ação de regulação do ponto de observação. Este é o caso de um dos alunos que executava sua tarefa e se preparava para iniciar a segunda fase da regulação. Neste momento ele procura o mestre e verbaliza: *mas como é que pode existir duas linhas assim?* Referindo-se às linhas superpostas da superfície lateral e aos limites da superfície superior e frontal. Isto indica que o aluno não reconhece a representação apresentada como viável, uma vez que ele não consegue identificar o efeito. Para resolver o problema ele deve ser inicialmente identificado, não apenas no que se refere ao efeito, mas principalmente, às razões que levam ao mesmo e, finalmente, o aluno deve materializar as condições que lhe darão origem.

O caso da verbalização apresentada indica que o aluno não conseguiu suplantar nem mesmo a fase de identificação do efeito e passou a questionar a viabilidade da perspectiva apresentada. No entanto, a falta de identificação da situação que daria origem à redução da superfície, à nível de projeção, não impediu que a ação se iniciasse. Ao terminar a primeira fase de resolução, o aluno inicia a Segunda, elevando o anel no bastão, acreditando que esta seria a direção do olhar que geraria a imagem da ficha. Somente ao tentar localizar o bastão no eixo horizontal, ou seja, no momento de identificar a posição particular de observação que irá gerar o efeito apresentado, somente neste momento, o aluno encontra um impedimento que o faz duvidar da possibilidade de obtenção do mesmo. Para avançar na sua ação, ele busca no mestre uma confirmação, de forma a alterar seu julgamento inicial. Obtendo a confirmação sobre a possibilidade de obtenção de uma resposta, o aluno se lança em uma busca interna, em suas próprias representações, de elementos que o conduzam à resposta desejada. Durante alguns minutos este aluno se mantém observando a ficha. Quando ele parte para a regulação final ele parece já ter encontrado a solução. Ele utiliza sua mão para executar uma medida de alinhamento e trazer esta medida até o bastão, que ocupa então, a posição particular prescrita. A ação é considerada concluída após um ciclo de avaliação.

Porém, não foram todos os sujeitos que encontraram, em uma busca interna em suas representações, a solução para a redução perspectiva. Em diversos outros casos a interferência do mestre se prolonga em um diálogo de condução que, assim como indica George e Higele<sup>121</sup>, tenta se centrar sobre o raciocínio do aluno,

---

<sup>121</sup> George, Y, e Higele, P. (1990) Ateliers de dessin technique, opus cit. p.75.

ao invés de lhe fornecer a resposta, mas que esbarra em uma dificuldade de origem lingüística. Em se tratando de uma manipulação de elementos reais e de suas posições relativas com o observador, os termos do diálogo estabelecido entre mestre e aluno, encontram uma dificuldade em bem definir as situações. A posição geometricamente definida como « de topo » a um plano foi referida, nos diversos diálogos estabelecidos, como: estar de face, ficar na frente, a superfície estava contra a parede, no mesmo nível, entre outros. Estas diversas formulações visavam se referir à posição particular que o observador deveria ocupar com relação à superfície a ser reduzida.

As posições particulares, possíveis neste tipo de experimentação, colocam em evidência certas relações precisas que não são contempladas nos critérios gerais da perspectiva. Elas nos permitem, no entanto, uma observação mais profunda da operacionalidade de utilização destes critérios ou a existência, ou não, de competência, junto ao sujeito, para que os mesmos sejam colocados em ação. Pode-se inferir, com mais precisão, a representação dos alunos sobre as relações projetivas e seus efeitos a nível da forma, representada graficamente, ainda que a dificuldade lingüística se mostre presente.

#### **4.3.1.3 - Os bloqueios**

Ao escolher as situações que seriam evocadas nas fichas desta experimentação, visava-se partir de uma situação geral e levar o aluno a outras mais específicas. Assim, a segunda ficha apresentava uma situação particular de redução de uma superfície lateral da caixa e na terceira a superfície reduzida é a da base. Em uma experimentação piloto, observamos alguns bloqueios por parte dos alunos na resolução de problemas relativos à redução da superfície de base. Assim, optamos por expor todos os alunos a esta situação de forma a observar a possibilidade de repetição destes bloqueios.

Em termos geométricos as duas situações, da ficha 2 e da ficha 3, são similares, por exigir uma posição particular de observação de « topo ». Assim, a solução encontrada para a ficha 2 poderia facilitar a ação na situação da ficha 3, da qual esperávamos, *a priori*, um bloqueio do aluno. No entanto, estes bloqueios esperados ocorreram já nas situações da ficha 2.

Para caracterizarmos um bloqueio, consideramos como critério não só a dificuldade de avançar, apresentada pelo aluno, mas o retorno às decisões anteriormente tomadas ao longo da ação, e que poderiam ter sido consideradas concluídas. A situação de bloqueio se inicia, como todas as outras situações, onde o aluno identifica a posição da caixa com relação ao quadro de vidro e situa a mesma de maneira paralela ao mesmo. Em uma fase seguinte tem início a busca da posição correta de observação. Assim, o aluno encontra a posição, no eixo horizontal, que o permite observar a superfície lateral da caixa. Até este ponto o aluno executa todas as ações possíveis sem colocar em evidência o problema que dará origem ao bloqueio. O passo seguinte na solução do problema deveria ser a identificação da altura de observação, que, no caso da ficha 3, deveria ser a mesma da base da caixa. Porém, não encontramos indícios de que o aluno tenha identificado este tipo de relação. Ao contrário, não encontrando sucesso na regulagem produzida e não conseguindo avançar na ação, o aluno retorna e requestiona suas regulagens anteriores.

Porém, a decisão de requestionar as regulagens anteriores não oferece uma alternativa que o permita avançar, no sentido de obter a solução, definitiva ao problema geral. O sujeito modifica a posição da caixa diante do quadro de vidro. Ele executa um ciclo de avaliação e identifica que a posição correta da caixa é aquela anterior. O mesmo acontece com os outros parâmetros requestionados. Sem poder avançar, devido à não identificação da particularidade exigida pela perspectiva da ficha, e tendo mesmo reavaliado as decisões anteriores que ele havia tomado na ação, o aluno se encontra em meio a um bloqueio.

A condução do mestre se faz então necessária, mas seguindo os princípios da aprendizagem de origem piagetianos, esta intervenção não visava à fornecer a solução mas, primeiramente, a tentar identificar o raciocínio do aluno na busca da solução. A intervenção do mestre se faz de modo a chamar a atenção do sujeito para alguns aspectos que devem ser considerados na construção de uma solução para o problema. Os bloqueios representam de fato um campo fértil para a intervenção, uma vez que eles significam normalmente uma ruptura no equilíbrio das estruturas do conhecimento do aluno. Em situação de ruptura, o esforço do aluno tende para uma busca, que deve resultar em uma transformação de seus conhecimentos. Estas novas estruturas podem, porém, apresentar uma validade restrita a uma situação particular não comportando um alargamento de seu uso

para uma classe de situações. É o caso da identificação de um invariante operatório não pertinente, mas que, momentaneamente, mostra sua eficiência. Tentando evitar de desperdiçar esta oportunidade que se apresenta de construção de conhecimento, o mestre deve conduzir o processo de transformação do mesmo de modo a « garantir » a identificação de invariantes operatórios pertinentes, e cuja validade ultrapasse os limites da situação particular, sendo passíveis de serem generalizados em uma classe de situações.

O mestre faz então a opção por uma mudança de quadro, mas sem se dirigir ao quadro geométrico. Ele solicita ao aluno a identificação de uma situação banal, na qual ele teria reconhecido a possibilidade de redução projetiva. Assim, ele pergunta ao aluno como ele se posicionaria se ele desejasse ver o plano de uma mesa, de forma a que ele pudesse perceber uma linha. A resposta obtida de todos os alunos aos quais foi formulada a pergunta foi a mesma. O aluno se abaixa e nivela seu olhar ao nível da mesa. Assim, no quadro escolhido pelo mestre, o aluno identifica o invariante que pode levá-lo a uma solução no quadro material. Resta ainda a ação de condução do mestre, de modo a fazer com que o aluno reconheça o invariante operatório e que ele seja capaz de transportá-lo para o quadro material onde havia o bloqueio. Através da opção pela mudança de quadro, o mestre consegue conduzir o aluno a sair do bloqueio de forma ativa, participando na solução obtida.

#### **4.3.1.4 - A ação sobre os parâmetros e a dinâmica do modelo SEI**

No âmbito desta experimentação podemos destacar, para a análise segundo o modelo SEI, certos momentos distintos. O primeiro deles é aquele da prescrição da ação, onde o mestre apresenta para o aluno as condições e as exigências da tarefa prescrita (figura 56). Nesta relação entre os dois elementos humanos do modelo podemos encontrar os indícios de um contrato didático. As condições apresentadas pelo mestre contém as regras a serem respeitadas na ação, as condicionantes da mesma e os elementos à disposição do aluno para resolvê-la. O aluno é solicitado a: *regular o aparelho de modo a obter uma perspectiva, a mais próxima possível, daquela apresentada sobre a ficha.*



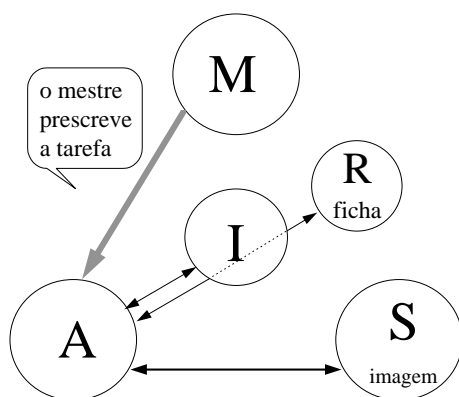


Figura 56 - Modelo SEI e o primeiro momento - Prescrição da tarefa

A prescrição propõe uma ação, regular o aparelho, assim é sobre o aparelho que o aluno irá agir. Ela propõe também um referente, no qual serão encontradas as informações que servirão de guia para a ação, este referente é a ficha. O objeto da ação é a imagem a ser obtida. Ela ocupa o polo do saber do modelo pois ela aciona, junto ao sujeito as representações que ele mantém sobre a perspectiva. De fato, o conteúdo da prescrição se refere à obtenção de uma

perspectiva, e esta imagem à qual nos referimos coloca em ação os conhecimentos relativos ao domínio perspectivo. Identificamos, na ação, que, independentemente das estratégias adotadas, o sujeito a iniciava com uma idéia preexistente da posição que deveriam ocupar os elementos materiais da situação perspectiva. A compreensão da prescrição ativa, no sujeito, suas representações, ainda que circunstanciais, sobre a perspectiva. O recurso repetitivo aos ciclos de avaliação serviam como fonte de informação, no sentido de obter uma regulação mais fina, que se seguia a uma regulação inicial, mais geral, decidida desde a primeira ação.

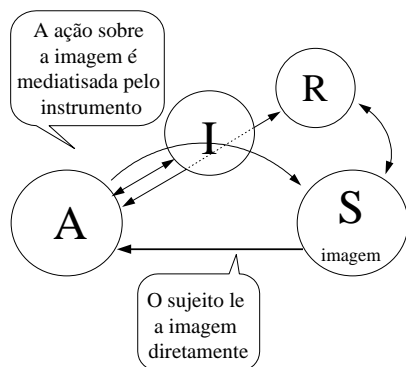


Figura 57 - Modelo SEI e o segundo momento - o sujeito regula o aparelho

Em situação de ação, o objetivo que é dado ao aluno é a obtenção da imagem, a mais próxima possível daquela contida no referente (figura 57). O mestre não interage nesta situação. Para obter a imagem o sujeito deve agir sobre o instrumento, ou seja, sua relação com a imagem é mediada pelo instrumento, no sentido da ação sobre a mesma. Por outro lado, a leitura do efeito de suas ações não requer a mesma mediação e o aluno lê diretamente a imagem como ela se apresenta. O

instrumento servindo apenas como um balizador da posição de observação. A ação do aluno consiste então na busca da similaridade entre seus atos no espaço, através do aparelho, e os efeitos que os mesmos provocam em termos de

perspectiva<sup>122</sup>, tendo como guia o referente. Assim, entre a imagem obtida e o referente (a ficha com a perspectiva), o aluno deve ser capaz de estabelecer uma semelhança. Esta semelhança é questionada em cada um dos ciclos de avaliação. Nestes ciclos o aluno compara as informações da imagem obtida com aquelas da imagem prescrita. Ao corrigir sua posição de observação, ele está agindo sobre o elemento material, o aparelho, mas ele está interferindo em uma relação geométrica, cujos efeitos são verificados através da imagem obtida. Esta relação, entre a ação material e o conteúdo significativo da mesma, pode ser verificada de forma pragmática, ainda que seus efeitos a nível epistêmico, ou seja a tomada de consciência, por parte do aluno, desta relação, não seja possível nesta experimentação. O instrumento adquire então o estatuto de um meio de ação, e assim, os atos do aluno sobre o mesmo adquirem um sentido que ultrapassa a noção da componente material do aparelho. Ao movimentar o bastão com o anel, o aluno busca uma nova posição de observação, posição esta que se materializa pelo anel metálico. Este último adquire assim a significação de ponto de observação, significação esta que contribui para a noção instrumental em sua componente esquemática e para o processo de conceptualização em perspectiva. Este sentido deve permitir a vinculação com o quadro geométrico, que será construído com a condução do mestre.

No desenrolar da ação de regulação e na busca de posições de observação, vemos mesmo um processo de gênese instrumental, que integra as estratégias do aluno. Trata-se das projeções que o mesmo executa para transferir as medidas da caixa para o bastão que contém o anel. Após algumas tentativas, sem sucesso, o aluno identifica um critério que pode lhe conduzir à resposta desejada em termos de regulação. No tratamento deste critério ele se encontra em situação de projeção. Ele deve transferir uma medida, contida no objeto observado, de modo a que a mesma sirva para a regulação do ponto de observação. Para fazê-lo encontramos alunos que utilizaram um lápis, ou mesmo sua própria mão como forma de projeção e que permitia a regulação desejada. Trata-se, neste caso, de instrumentos ocasionais, que tiveram uma finalidade específica e que, terminada a ação, recuperam seu estatuto anterior. Sua função era de trazer a informação, que permitisse uma regulação final, que levasse a uma avaliação positiva em um último ciclo de avaliação.

---

<sup>122</sup> Rabardel, P. e Verillon, P. (1993) De l'analyse des compétences à l'élaboration des contenus spatiaux: contribution de la psychologie et de la sémiologie à la conception en ingénierie didactique,

Os ciclos de avaliação funcionam como um procedimento obrigatório, que servem como guia para as decisões do sujeito ao longo da ação. Eles colocam em relação a imagem obtida e a imagem do referente, e instruem a ação do sujeito na busca da semelhança. As situações de bloqueio indicam, porém, que pode se estabelecer uma ruptura nesta relação. Identificamos esta ruptura nas situações onde o aluno, não conseguindo avançar na ação, requestiona as decisões anteriores quanto à posição da caixa e do observador. Ele faz a opção por agir sobre os parâmetros que ele foi capaz de identificar e de manipular. Mas, se o bloqueio se instala, a razão está na falta de identificação de outros parâmetros que devem ser tratados. De fato, os bloqueios aconteceram quando se tratava de posições específicas de observação, que levavam à uma redução projetiva de uma das superfícies da caixa.

Ao constatar o bloqueio do aluno à intervenção do mestre se faz necessária e encontra, então, um campo fértil de ação de condução pedagógica. O aluno se encontra em meio a um problema que ele deseja resolver, o equilíbrio de suas estruturas cognitivas foi rompido e na busca da reequilibração ele encontra um obstáculo. O mestre dispõe então de uma situação propícia para uma condução da construção de um conhecimento junto ao aluno, capaz de estabelecer o reequilíbrio de suas estruturas.

Devemos considerar que entre as diversas possibilidades de observação de objetos existem umas poucas, particulares, que levam à uma redução projetiva de planos que serão vistos como retas. Consideramos também que o aluno é capaz de tratar uma situação específica, de forma a identificar esta relação particular entre objeto e observador. O que pôde ser verificado é que a representação do aluno, quanto à redução projetiva, é específica a uma situação particular e que o mesmo não foi capaz, na ação, de recorrer a esta representação, de forma a expandir sua validade para uma classe de situações. A intervenção do mestre se faz no sentido de buscar, no próprio conteúdo das representações do aluno, o argumento de prova que o conduza à extensão de uma situação específica à uma classe de situações. Assim, no diálogo que se estabelece entre mestre e aluno, a ação é conduzida no sentido de buscar uma solução ao « impasse ». O mestre leva o aluno a buscar uma situação, um novo quadro, externo àquele da ação, onde ele encontre um invariante operatório que explique a redução projetiva, se baseando na certeza de

que o aluno dispõe de uma representação que contemple este conteúdo. Obtendo uma resposta positiva do aluno, ele mostra ao mestre que dispõe de um conhecimento específico sobre a redução, mas cuja validade é restrita. Ao mestre cabe então a utilização da função de prova que este conhecimento pode adquirir, em uma situação de expansão para uma classe de situação. Esta função de prova<sup>123</sup> emerge do diálogo onde o mestre leva o aluno a argumentar sobre a situação específica e o solicita a avaliar sua própria argumentação, para a classe de situação das reduções projetivas.

Conduzindo o aluno nesta expansão das situações, o mestre contribui à construção da competência do mesmo. A noção de competência se torna então tão importante quanto aquela do conhecimento, pois no caso observado, o conhecimento sobre as reduções projetivas existiam no aluno, mas o mesmo não dispunha de uma competência para colocá-lo em ação na resolução de um problema. A ação do mestre, neste caso, se centra menos na construção de um conhecimento junto ao aluno e privilegia a estruturação da competência do mesmo.

#### **4.3.2 - Conclusões da segunda experimentação e a evolução das estruturas**

Nesta experimentação visávamos a observar uma ação de gestão de parâmetros da perspectiva, através de uma prescrição de regulagem. O perspectógrafo é incorporado na ação e volta a confirmar sua vocação instrumental. Nesta experimentação podemos mesmo inferir o início da construção do sentido, no que se refere às ações sobre o aparelho e seus efeitos em termos de representação gráfica projetiva. As ações do aluno são executadas sobre a componente material do instrumento, mas seu significado implica em uma outra dimensão do mesmo, ou seja sua componente esquemática.

As situações particulares que foram evocadas através das fichas 2 e 3 visavam a verificar a operacionalidade dos conhecimentos, que se julgava adquiridos pelos alunos. Estas situações particulares nos levaram a observação dos fenômenos que chamamos de bloqueios. Através deles foi possível ao mestre uma interferência ativa na condução do processo didático, que abordava principalmente a construção

---

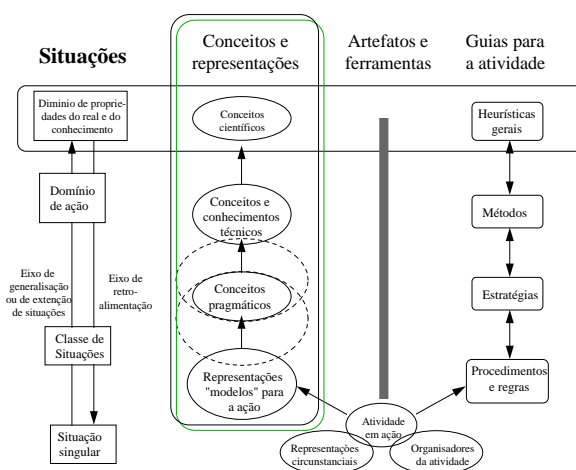
<sup>123</sup> Brousseau, G. (1983) Etude des questions d'enseignement. Un exemple: la géométrie, in: Anais do Seminário de didactique des mathematiques et de l'informatique, IMAG - Grenoble, p. 195.

de competência que a própria construção de conhecimento. Na interação entre mestre e aluno, verificamos que em uma situação didática, proposta através do modelo SEI, encontraremos dois elementos humanos, aluno e mestre, cujas competências e conhecimentos se encontram, *a priori*, em situação de dessincronização. Para analisarmos a situação e a evolução das estruturas integrantes da competência, deveremos abordar o modelo Compety, segundo uma dupla entrada: uma para o aluno que constrói suas próprias estruturas e outra para o mestre que conduz esta construção. Neste sentido, abordaremos novamente os três eixos do modelo Compety, considerando sempre o eixo principal do mesmo que envolve as situações, indo daquela particular e se expandindo, através de um processo de generalização.

#### 4.3.2.1 - O eixo dos conceitos e representações

Consideramos, nesta experimentação, que o objetivo da ação do sujeito deveria ser a produção de uma regulação, portanto, nesta ação, o aluno seria colocado em relação com o aparelho. A partir da compreensão do conteúdo da prescrição, o aluno encontra os elementos que irão instruir a construção de sua própria representação para a ação, baseando-se nas representações circunstanciais, que são ativadas pelas informações contidas no referente. Neste sentido observamos,

na ação, que o aluno, após executar a leitura da ficha, se lançava em uma regulação completa, e apenas após sua conclusão, ele executava o primeiro ciclo de avaliação. Isto nos permite concluir que mesmo que a representação para a ação, que o aluno construiu quando da primeira leitura da ficha, necessite de ajustes através dos ciclos de avaliação, mesmo se ela não contemplava todos os aspectos da regulação, ela se encontra na origem da ação acompanhada por procedimentos, que fazem com que a ação obtenha um resultado positivo. Ainda que tenhamos optado por uma análise distinta de cada eixo do modelo Compety, não se pode ignorar a vinculação entre os diversos eixos que definem os elementos da competência.



Modelo Compety

Foi possível também identificar alguns conceitos em ato. As tomadas de medidas feitas com o uso da mão ou de um dedo, como instrumentos, indicam a noção em ato, ou mesmo pragmática, da relação projetiva dos elementos da perspectiva. Ao usar estes elementos materiais, como instrumento, os alunos estão colocando em prática a noção de projeção. Eles de fato estão projetando uma posição de maneira a identificar o lugar preciso de observação, que dará origem ao efeito de redução. A identificação do conceito em ato se faz a partir de sua operacionalidade. Encontramos alunos que utilizaram os mesmo de forma a resolver o problema que lhe foi proposto, mas encontramos também outros que não conseguiram avançar na ação e que se encontraram em situação que chamamos de bloqueios.

O que pode diferenciar a competência daqueles que obtêm a resposta, daqueles que se encontram em bloqueio, é a capacidade de reconhecimento de uma situação de redução e a colocada em ação dos invariantes operatórios, já identificados pelo sujeito em outras situações. A competência para identificar a ação, que irá resultar em uma redução, faz parte do repertório disponível no aluno. De fato, nos diálogos entre aluno e mestre, gerados nos bloqueios, a capacidade do aluno em produzir uma redução projetiva, foi considerada como base para estender este conhecimento à uma outra situação. Na ação de regulação seria preciso, inicialmente, que se produzisse a identificação de « se duas retas alinhadas, então redução projetiva ». Apenas após a identificação é que o aluno colocaria em ação seus algoritmos anteriores « se redução, então posição precisa de observação ». Em situação de bloqueio a identificação não se produziu e então, a ação que geraria o efeito de redução não pode ser ativada, ainda que ela estivesse operacional no sujeito. Ou seja, para os alunos que se encontraram em bloqueios, a competência para identificação dos conhecimentos, que deveriam ser ativados para resolver a situação, não se encontrava desenvolvida, ainda que os conhecimentos necessários para tanto, já tivessem sido adquiridos pelo sujeito.

A condução do mestre em fase de organização do bloqueio, nos leva a considerar a análise da situação, sob a ótica do modelo Compety, de um ponto de vista coletivo. É preciso, então, definir uma competência do aluno, que se deseja fazer evoluir, e uma outra, do mestre que deve conduzir esta evolução. Um primeiro nível de conflito, entre as duas óticas da competência, pode ser verificado quando dos diálogos entre ambos em situação de bloqueio. As representações e mesmo os conceitos pragmáticos que são ativos junto ao mestre, não são os mesmos que aqueles do aluno ainda que os referentes reais possam ser os mesmos. Assim,

quando o aluno se refere à posição particular *de topo*, com relação à superfície reduzida, ele utiliza expressões como: de frente, igual, colada na parede. Estas expressões só assumem o sentido da posição relativa uma vez identificadas na ação e assim vinculadas a um referente real. De outra forma o diálogo encontraria sérias dificuldades de sincronização. De fato, a existência de um referente material, sobre o qual se baseia a discussão sobre os aspectos do bloqueio, é que permitem a evolução do processo de condução gerenciado pelo mestre. Em uma primeira fase se busca uma sincronização entre a representação de ambos os elementos humanos envolvidos no processo. Na medida em que se identifica o vocabulário utilizado pelo aluno, o mestre pode tentar interferir em sua representação. Ele busca, assim, verificar quais invariantes operatórios são operacionais junto ao aluno, de modo a lhe propor a expansão do campo de validade dos mesmos, para a classe de situação de redução projetiva.

A particularidade da situação criada, representada pelo perspectógrafo, permite que entre as representações do mestre e do aluno se encontre uma área de superposição, naquilo que se refere ao aspecto material do instrumento. De fato, o componente artefato é coletivo, e não sofre modificações quando se relaciona com mestre ou aluno. No entanto, a componente esquemática do instrumento de cada um deles não irá contemplar o mesmo conteúdo. Para buscar a necessária sincronização dos elementos da representação de ambos, aluno e mestre contam com o ponto comum entre eles, ou seja o aparelho. Se podemos traçar um paralelo, poderíamos nos referir a duas pessoas de nacionalidades diferentes, por exemplo, um árabe e um chinês, e que não conhecem reciprocamente suas línguas, mas podem encontrar em uma terceira, no francês por exemplo, uma forma de estabelecer uma ligação entre o conteúdo de suas línguas mãe, e assim sincronizar um diálogo.

O aparelho fornece ao mestre e ao aluno um referente real comum, sobre o qual se irá discutir o conteúdo, mesmo que o vocabulário deste conteúdo tenha que ser identificado ao longo da ação. Nesta fase de identificação do sentido na ação, a utilização de um vocabulário « apropriado » não é um requisito fundamental, ainda que ele exista e que faça parte dos conceitos e conhecimentos técnicos relativos ao domínio da perspectiva. Para o processo de construção dos conceitos, o importante é a identificação de um invariante operatório dentro de uma situação definida. No caso em questão, a situação é aquela da projeção reduzida de uma superfície, o

invariante operatório identificado pelos alunos, e utilizado nos conceitos em ato, se refere à projeção entre superfície e ponto de observação. Para que se construa um conceito técnico resta a decidir, com os alunos, qual sistema de significantes poderá tornar o conceito operacional, não só na simulação espacial proposta pelo aparelho, mas também, em uma situação de representação gráfica. De fato, a mudança no sistema de significantes implicará em uma mudança na representação da situação. Então, o único elemento do conceito que não sofrerá modificação é o invariante operatório. Mas, como propõe Vergnaud, o invariante é o coração do conceito.

O que buscávamos através desta experimentação era a identificação dos invariantes, que envolvem as relações entre o objeto representado e o observador, e os efeitos nas imagens que podem ser obtidos. Esta identificação foi feita ao longo da ação, ou mesmo, sua identificação foi conduzida pelo mestre em situações de bloqueio. A análise dos dados obtidos nas ações dos alunos, nos permitem verificar que os invariantes são operacionais. Na condução de um processo de ensino não será necessário que estas relações sejam apreendidas através de aquisições conceituais, como as definimos anteriormente<sup>124</sup>. Mas, por outro lado, será preciso superar o obstáculo imposto pela mudança do sistema de significantes. Esta modificação poderá dificultar o reconhecimento dos invariantes já identificados, uma vez que a situação será definida de uma outra maneira. Estas modificações serão objeto de uma terceira experimentação, onde se levará em consideração uma relação didática mais direta, apoiada novamente na utilização do aparelho como um instrumento de ensino.

#### **4.3.2.2 - O eixo dos artefatos e ferramentas**

O objetivo inicial desta experimentação era de propor uma simulação de ação sobre o espaço projetivo. De fato, foi possível obter certos resultados a nível da ação sobre os parâmetros da perspectiva, sob a forma de invariante conceptual. Porém, isso não nos permite confirmar a vocação à simulação do aparelho das ações em termos de representação gráfica, pois elas implicam em uma outra leitura da situação e na definição de um novo quadro. O que foi realmente simulado, foram os efeitos de certos invariantes ligados à projeção central.

---

<sup>124</sup> Figura 48, página 155.



Ao se iniciar a ação de regulação do aparelho, de forma a que se obtivesse a imagem proposta na ficha, o aluno age sobre os elementos materiais do mesmo. Porém, quando ele regula a altura do anel metálico, ele age sobre um artefato, interpretando o mesmo como um ponto de observação. A vinculação do anel, enquanto matéria, ao ponto de observação, enquanto esquema significante, nos permite a identificação dos indícios da gênese instrumental. O perspectógrafo evolui no sentido da sua vocação instrumental, nos faltando ainda estabelecer que esta evolução possa resultar em uma proximidade com a perspectiva.

Na ação do aluno ele busca um sincronismo entre seus atos no espaço, ou sobre o aparelho, e os efeitos que estes atos irão provocar na imagem que ele observa através do anel. Esta imagem é de fato uma perspectiva, pois ela contempla as deformações provocadas por uma forma específica de observação. Como elemento de comparação, e mesmo de prescrição, a imagem da ficha, também chamada de referente, serve como parâmetro de avaliação. No entanto, neste processo de busca da regulação, que irá resultar na imagem desejada, outros elementos materiais vêm integrar o conjunto de instrumentos a disposição dos alunos. É o caso do uso do lápis, do dedo ou da mão, como instrumento de medida, onde se verifica uma projeção desejada. Em uma situação de ação, como esta proposta com o perspectógrafo, a busca da projeção foi feita com o olhar do aluno e com a ajuda de um lápis, que adquire um estatuto de instrumento de projeção. Em uma situação de ação sobre o sistema gráfico de representação geométrica, esta mesma busca utilizaria possivelmente uma régua como instrumento. Assim, o sistema de instrumento que podem ser construídos representam também, uma maior ou menor elaboração, tanto do conhecimento como da competência do sujeito.

Em uma situação coletiva, como aquela da relação entre mestre e aluno, que se fez necessária nesta experimentação, devido aos bloqueios dos alunos, podemos analisar o perspectógrafo como um instrumento em níveis diferentes. Para o mestre ele significa a materialização de relações e conceitos já conhecidos, tornando mais fácil a discussão sobre os mesmos, sem recorrer às formulações conceituais, nem sempre de fácil apreensão. O instrumento, neste caso, é gerado a partir de sua componente esquemática, adquirindo corpo e materialidade. Para o aluno, no entanto, a gênese instrumental assume um outro caminho. Junto ao aluno, não podemos considerar que os conceitos e relações perspectivas sejam conhecidos.

Assim, o instrumento, do ponto de vista do aluno, será gerado a partir de sua componente material. Na ação, os elementos do mesmo vão adquirindo o sentido que pode vinculá-lo aos conceitos projetivos. Assim, o anel metálico pode adquirir o significado de ponto de observação, o movimento lateral do bastão onde ele é fichado, adquire o sentido de posição lateral relativa, o parafuso e a borboleta que liberam o anel, para o movimento vertical, adquirem o sentido de regulação da altura.

Analisando o resultado das ações de aluno e mestre, nesta experimentação, do ponto de vista da evolução dos instrumentos, tentamos estabelecer algumas relações entre o perspectógrafo, enquanto instrumento definido pelas suas componentes esquemática e artefactual, e a perspectiva enquanto instrumento gráfico e interiorizado pelo sujeito, cada instrumento ligado a um quadro de análise distinto, quadro material e quadro geométrico. De fato, um dos invariantes identificados, a relação entre objeto e observador, encontra sua validade na situação proposta, mas também na situação de representação gráfica. E, nesta amplitude de validade do invariante, poderemos estabelecer a ligação entre o aparelho e a perspectiva, enquanto meio de expressão, através dos esquemas invariantes, que estão presentes em ambos. O papel da ação com o aparelho é de permitir a identificação dos invariantes em uma situação. Estes invariantes serão recuperados em uma mudança de situação, através da adoção do sistema de significantes projetivos. Esta transformação integrará o processo da engenharia didática, visando a condução da construção do conhecimento e da competência, baseando-se nos efeitos colhidos pelo sujeito em sua própria experiência. Os primeiros passos deste processo são dados na construção do sentido que acabamos de evocar, mas elas continuam em novas etapas, que serão analisadas na terceira experimentação.

#### **4.2.2.3 O eixo dos elementos guias para a atividade**



Se os procedimentos adotados para a primeira regulagem, seguida do primeiro ciclo de avaliação, são ligados a uma posição singular, em um nível mais geral vemos os sujeitos utilizar estratégias para se adaptar a uma classe de situações, no caso, aquela da redução projetiva de uma superfície. O uso da projeção corresponde então a uma estratégia que guia a ação, na busca da correta posição de observação. Trata-se de uma estratégia ligada à utilização de conceitos pragmáticos, ou mesmo em ato, quando o sujeito desenvolve outros tipos de ferramentas para resolver o problema.

#### **4.4 - O instrumento e a gestão do ensino**

Para estudar o papel dos instrumentos na gestão do processo de ensino, a ação com o aparelho foi integrada em uma dinâmica de ensino tradicional (aula expositiva). O objetivo geral desta experimentação era de conduzir uma aula tradicional de maneira a gerar os dados que nos permitissem analisar o papel desempenhado pelo perspectógrafo. Para tanto, escolhemos um primeiro objetivo didático, que consiste na busca e a determinação da perspectiva de uma segunda caixa colocada ao lado da primeira cujo desenho, em perspectiva, era fornecido. O desenho da primeira caixa correspondia àquele que havia sido obtido quando da ação com o instrumento na primeira experimentação. Adotando este objetivo visava-se estabelecer uma continuidade, a partir das ações precedentes, e explicitar aos alunos qual deveria ter sido o encaminhamento que, ao ser adotado, teria levado à solução para o problema proposto naquela ocasião. Para atingir este objetivo didático será preciso passar por objetivos intermediários, através dos quais, deve-se estabelecer primeiramente a relação entre as arestas da caixa e as linhas que as representam na perspectiva, em seguida, encontrar o ponto de fuga, tanto na realidade como no desenho, para então poder executar o desenho da segunda caixa. Um segundo objetivo didático consistia em construir uma representação gráfica do artefato tecnológico, utilizado na primeira experimentação através do uso de códigos gráficos. Visava-se assim a construção de uma ligação entre o símbolo gráfico e o aspecto material, visando a progredir, através da mudança de quadro, no processo de abstração necessária à construção, junto aos alunos, dos conceitos técnicos ou científicos.

Considerando os objetivos didáticos, as condicionantes desta experimentação eram bastante específicas. Os alunos que participariam da aula deveriam ter passado pela primeira experimentação. A condução da aula teve como base as respostas obtidas dos alunos a um questionário que foi aplicado ao final da mesma. Estas respostas serviram de guia para a escolha da abordagem do conteúdo. A duração da aula seria de uma hora e dela participaram sete alunos. Havia também dois professores, o primeiro era aquele que era o responsável pela turma e um segundo, o pesquisador, que conduzia a aula. O material disponível para a aula era um quadro negro, o perspectógrafo preparado com a posição do ponto de observação e da caixa, semelhante àquela da primeira experimentação, algumas folhas nas quais se encontrava já impresso o desenho da primeira caixa, que teria sido obtido à partir da ação com o aparelho. Os alunos dispunham de lápis, régua e borracha.

A aula foi registrada em vídeo e a câmara se situava no fundo da classe e se dirigia para o quadro. O som registrado nas fitas nos permitiu uma decodificação mais ou menos clara das verbalizações de ambos os professores e menos clara das intervenções dos alunos. Os diálogos produzidos fazem parte dos anexos deste documento. Ao longo da aula foram produzidos desenhos que constituem uma fonte de dados, que podem ser utilizados na análise que pretendemos conduzir.

#### **4.5 - Análise dos aspectos observáveis**

Os dados obtidos nesta experimentação são os desenhos produzidos pelos alunos, e os diálogos identificados através da decodificação da fita gravada. Para analisar estes dados colocaremos em evidência as principais noções abordadas, analisando a forma como elas foram apresentadas e as eventuais dificuldades que surgiram para a sua compreensão. Assim, a aula contemplou como pontos principais os aspectos relativos entre as posições das arestas da caixa e aquelas das linhas que as representam. Foram abordados também a origem do ponto de fuga, as consequências para o mesmo de uma mudança de ponto de observação e finalmente, a condução de uma mudança no sistema de significantes.

##### **4.5.1 - As noções abordadas**

A conduta da aula teve início com uma análise da relação entre as linhas do objeto e sua representação perspectiva. Para tanto, foi preciso primeiramente identificar as linhas para poder se discutir sobre as mesmas. A explicação apresentada aos alunos se baseia nas respostas que os mesmos deram para três perguntas que faziam parte do questionário<sup>125</sup>. Uma vez que não havia uma unanimidade nas respostas obtidas o mestre toma este conteúdo como ponto de partida.

#### **4.5.1.1 - Posições das linhas e a situação**

Desde a primeira intervenção (n.1)<sup>126</sup>, o mestre indica uma necessidade de explicitar uma distinção entre as duas situações diferentes que serão analisadas, ou seja, os dois quadros de análise, objeto real e o objeto representado (o desenho da caixa em perspectiva). Vemos, desde o início da intervenção, a necessidade de distinção entre as duas situações. No caso da construção da perspectiva é preciso que as duas situações estejam claramente definidas e distintas e que os conceitos ligados a cada uma delas contemplem a distinção. Para separar as duas situações o mestre desenha no quadro duas colunas (n.2), separando assim os espaço « real » de um lado e o espaço da « perspectiva » do outro.

Ele começa assim a analisar as linhas horizontais da caixa real. Segundo as respostas obtidas no questionário, apenas um dos grupos de horizontais da caixa tinha sido identificado, ou seja, aquelas que ficam paralelas ao quadro de vidro do aparelho. O segundo grupo de horizontais, aquelas que ficam perpendiculares ao quadro, não foram identificadas como pertencendo ao grupo das linhas horizontais. O mestre apresenta então as duas diferentes direções das linhas horizontais existentes na caixa e pergunta aos alunos porque elas não tinham sido identificadas como tal (n.4). A resposta dos alunos nos permite confirmar a necessidade de distinção entre as duas situações ou, os dois espaços.

O objeto não estava sendo visto de uma forma isolada de sua representação. Para a identificação das linhas horizontais, que continuam horizontais na representação gráfica, não houve dúvida por parte dos alunos. Mesmo as verticais, que se mantêm verticais na representação gráfica, foram identificadas corretamente. Para estes dois grupos de retas, que mantêm sua posição relativa, tanto no desenho como na realidade, a necessidade de distinção dos dois espaços em questão não

<sup>125</sup> « Quantas linhas horizontais existem e quais são? », « Quantas linhas verticais existem e quais são? », « existem outros tipos de linhas, quais? »

<sup>126</sup> Os números apresentados se referem às verbalizações identificadas no documento decriptado e que faz parte do anexo II.

tinham a mesma importância, uma vez que, em ambos espaços elas mantêm o mesmo critério de decisão. No entanto, o grupo de linhas horizontais do espaço real, que se transforma em linhas oblíquas no espaço gráfico, necessitam desta distinção na situação para permitir sua classificação. Elas não apresentam o mesmo comportamento em ambos os espaços, como é o caso das demais linhas. As duas situações comportam respostas diferentes e será preciso tomar consciência da diferença para poder obter-se uma resposta correta. Os « erros » cometidos pelos alunos indicam principalmente uma deficiência na definição da situação e não devem ser confundidos com uma falta de conhecimento, ou de reconhecimento de linhas horizontais, conhecimentos estes que podem ser considerados adquiridos, considerando a faixa etária dos alunos em questão.

A questão principal, neste caso, concerne a duas situações, ou dois tipos de espaço, a caixa real e a caixa representada, que fazem parte de uma mesma situação, na qual a ação vivida pelo sujeito teve lugar. A distinção feita, para poder trabalhar as diferenças é ligada aos aspectos conceituais. Na leitura de uma caixa real, de maneira independente de sua representação gráfica (um desenho ou uma foto), a identificação das linhas não seria influenciada pela presença de sua representação. Para os alunos a situação era de fazer o desenho de uma caixa. Na conduta do ensino da perspectiva, a identificação dos dois espaços, na ação do desenho, significa um ponto de partida para poder compreender as relações que existem entre as linhas da realidade e aquelas que as representam. As duas colunas que o mestre colocou no quadro começam então a ser preenchidas como nos mostra a figura 58.

Para passar para a análise das linhas do desenho (n.12), o mestre propõe « Vamos nos ocupar unicamente do desenho, vamos esquecer isso (indicando a caixa, para fazer referência ao espaço real). Ele se preparava então para preencher a segunda coluna do quadro com as posições das linhas na perspectiva. Mas, a proposta de afastar a realidade não foi mantida. Na seqüência das explicações fornecidas pelo mestre, para o preenchimento da segunda coluna do quadro comparativo, ele volta a fazer referência às linhas da caixa real e leva em consideração a conservação de suas posições para o primeiro grupo de linhas horizontais e para as verticais.

<b>Real</b>	<b>Perspectiva</b>
<b>Horizontais I</b>	
<b>Horizontais II</b>	

<b>Verticais</b>	
------------------	--

Figure 58 - Quadro comparativo entre as linhas do espaço real e da perspectiva.  
O mestre trabalha inicialmente com o espaço real

A realidade, representada pelas linhas do desenho, não foi afastada. A ligação entre o significante, a linha enquanto elemento geométrico, e o significado, a aresta da caixa, não foi suprimida. As linhas da perspectiva não são apenas um elemento geométrico, elas têm um significado, e os alunos tinham vivenciado uma situação, na qual as linhas foram utilizadas para significar algo de real. Eles tinham executado a perspectiva a partir de informações obtidas no espaço real. A supressão da ligação entre o real e a perspectiva pode ser tão difícil como não pensar em uma mesa, quando se pronuncia a palavra « mesa ». O mestre preenche então a segunda coluna do quadro (figura 59), partindo das linhas que conservam suas posições (horizontal e vertical), e em seguida, ele solicita aos alunos que proponham uma palavra que defina o comportamento das linhas que sofreram uma mudança (n.13), a palavra escolhida foi « oblíquas ».

<b>Real</b>	<b>Perspectiva</b>
<b>Horizontais I</b>	<b>Horizontais</b> //
<b>Horizontais II</b>	<b>Oblíquas</b> >
<b>Verticais</b>	<b>Verticais</b> //

Figure 59 - Quadro comparativo entre as linhas do espaço real e da perspectiva.  
O mestre coloca em evidência a relação entre as linhas reais e a perspectiva

Para completar o quadro o mestre acrescenta as posições relativas entre as linhas, ou seja, paralelas ou convergentes, e ele faz uma distinção entre os três grupos de linhas e o comportamento relativo que elas terão na perspectiva. Neste momento, um outro conjunto de conceito veio a tona e levou o mestre responsável pela turma a conduzir uma reflexão sobre a convergência, ou não, das linhas oblíquas e os tipos de perspectivas diferentes que elas determinam (n.15).

#### 4.5.1.2 - Posições das linhas e a relação com o aparelho

As noções abordadas no início contemplam unicamente uma abordagem enquanto constatação, ainda que o mestre procure fazer uma clara distinção entre o espaço real da caixa e o espaço virtual de sua representação gráfica. Continuando em seu objetivo o mestre propõe a identificação da relação entre as arestas da caixa e o



quadro de vidro do aparelho. Para tanto, ele introduz uma terceira coluna em seu quadro comparativo (figura 60), e propõe aos alunos a indicar qual seria a diferença entre as posições das arestas com relação ao quadro, que resultaram em diferentes posições na perspectiva (n.32).

Real	Perspectiva	Objeto/quadro
Horizontais I	Horizontais //	
Horizontais II	Oblíquas >	
Verticais	Verticais //	

Figura 60 - Quadro comparativo entre as linhas do espaço real e da perspectiva.  
O mestre coloca em relação o objeto e o aparelho, para justificar a transformação das horizontais II em oblíquas convergentes.

Para responder a pergunta « as horizontais I continuam paralelas na perspectiva, o grupo de horizontais II não continua... com relação ao quadro, qual é a diferença...<sup>127</sup> » (n.32) um dos alunos explica (n.33): « é porque elas se afastam ». Identificamos assim um índice do tipo de conceito que o aluno tem da posição relativa de uma linha com relação a uma superfície. Ele não utilizou termos como « inclinada » ou « perpendicular ». Podemos porém afirmar com certeza que ele conhece os conceitos que são definidos por estes termos. Ele fez referência a um invariante da linha perpendicular, mas ele considerou o aspecto do desenvolvimento da mesma como se ela começasse em um de seus extremos e terminasse no outro. A linha não parece estar sendo considerada como uma entidade geométrica mais como uma indicação de direção. Se vendo obrigada a verbalizar a respeito da relação entre a aresta e o quadro, o aluno expressa assim os indícios de sua representação com relação às linhas perpendiculares.

Falando sobre as linhas paralelas o mesmo aluno indica ainda outras representações sobre as mesmas. Na sequência que vai do n.38 ao n.40, o aluno explica a característica das linhas que se mantêm paralelas na perspectiva: « todos os pontos se mantêm sobre a mesma distância. » Uma segunda vez ele faz referência ao invariante operatório da linha paralela e não ao seu significante lingüístico. Todas as linhas paralelas tem como característica invariante a conservação da distância entre elas. O mestre responsável pela turma conduz o aluno a exprimir, em outras palavras, a noção que ele acabava de explicar e assim

o aluno utiliza a formulação científica, que corresponde ao conceito que ela utilizava: « elas são paralelas. »

A representação que o aluno dispõe, sobre as linhas paralelas e perpendiculares, faz uso de um discurso diferente daquele utilizado pelo mestre. A resposta esperada à questão formulada pelo mestre, consistia na utilização das palavras *paralela* e *perpendicular*. Mas o aluno, respondendo « elas se distanciam » ou « os pontos estão sobre a mesma distância », forneceu a essência da resposta correta. É preciso considerar a distância possível entre o vocabulário utilizado pelo mestre e aquele espontâneo no aluno. A noção apresentada estaria correta, o significado que ela contém corresponde àquele esperado pelo mestre, mas o significante utilizado foge da linguagem do meio geométrico. A representação do mestre é aquela da entidade geométrica, já a do aluno corresponde ao seu desenvolvimento, a construção das linhas. As linhas da caixa não parecem ter o mesmo estatuto para aluno e mestre. Esta diferença de representação pode resultar em um distanciamento entre aquilo que o mestre fala e aquilo que o aluno compreende.

Para completar o quadro de análise que o mestre desejava completar, ele preenche as colunas com as formulações científicas dos conceitos que foram expressos pelos alunos (figura 61).

Real	Perspectiva	Objeto/quadro
Horizontais I	Horizontais //	Paralelas
Horizontais II	Oblíquas >	Perpendiculares
Verticais	Verticais //	Paralelas

Figure 61 - Quadro comparativo entre as linhas do espaço real e da perspectiva. O mestre completa as relações utilizando a terminologia científica

#### 4.5.1.3 - Convergência e ponto de fuga

Na continuidade da condução da aula, o mestre aborda então a convergência das linhas que são perpendiculares ao quadro (n.41). Ele formula assim uma pergunta, na qual ele propõe ao alunos de confirmar o efeito perspectivo das linhas

<sup>127</sup> A resposta correta deveria levar em consideração que um dos grupos é paralelo ao quadro e o outro é perpendicular.

perpendiculares ao quadro. Considerando os aspectos que foram expostos até este momento, o mestre esperava uma resposta que se referisse às linhas convergentes ou oblíquas, uma vez que estas foram as formulações utilizadas até então. Mas a resposta obtida dos alunos indica uma representação mais avançada da perspectiva (n.42). Um dos alunos responde: « elas vão para o ponto de fuga ». O mestre não vê ainda o ponto de fuga como uma entidade geométrica estabelecida. Ele formula assim uma outra questão, onde ele procura identificar no aluno a existência de uma representação que indique onde se encontra o ponto de fuga. Ele pergunta: « como podemos encontrá-lo? » Sem nenhuma hesitação o aluno responde: « é o ponto de convergência. »

De fato, é possível identificar certos índices de uma diferente compreensão da situação, ao considerarmos o ponto de vista do mestre e aquele do aluno. Para o mestre trata-se da condução de uma discussão sobre os conceitos que devem resultar na busca do ponto de fuga. E para ele a situação esta bem definida. Para os alunos a busca do ponto de fuga não representa um problema, uma vez que ela pode não ter sido claramente definida. O ponto de fuga se encontra no ponto de convergência e o ponto de convergência está no ponto de fuga. Não existe um problema, os alunos não vêem um problema, e como buscar uma solução vista que não se identificou o problema?

A diferença na construção da representação do problema é um índice das diferentes relações que mestre e aluno têm com o domínio do saber. Para formular uma pergunta aos alunos, que se refere à definição do ponto de fuga, é preciso definir também uma situação, concreta e geometricamente definida. A abstração que o mestre faz do problema, não se encontra no mesmo nível daquela mantida pelos alunos. O mestre não precisa de uma definição concreta da situação para identificar e mesmo tratar o problema. Mas este não é o caso dos alunos. Quando o mestre pergunta onde se encontra o ponto de fuga, ele quer saber qual é seu lugar geométrico e como determiná-lo. O aluno não vê da mesma forma. Esta diferença nos níveis de abstração leva à uma dessincronização, que pode prejudicar a condução do processo de aprendizagem.

#### **4.5.2 O desenho de referência e o ponto de fuga**

A busca do ponto de fuga vai se tornar concreta quando o mestre apresenta a definição geométrica do problema. O desenho feito sobre o aparelho, quando da primeira experimentação, foi reproduzido e cada aluno recebe uma folha com a perspectiva da primeira caixa. A tarefa consiste na mesma proposição feita para a segunda antecipação na primeira experimentação, ou seja, o aluno deveria desenhar a segunda caixa tendo como referência o desenho da primeira e como informação complementar que as dimensões de ambas as caixas são idênticas. Nesta caso, porém, a ação é conduzida pelo mestre através de explicações sobre a busca do ponto de fuga e a conservação de dimensões, a serem detalhadas nos passos descritos a seguir. Desta forma, é fornecido aos alunos as ferramentas conceituais para a execução do desenho.

1º passo. Para encontrar o ponto de fuga é preciso prolongar as linhas **a** e **b**, de forma a que elas se cruzem (figura 62). O prolongamento da linha **c** serve apenas como confirmação, ou como função de prova, para a direção de convergência das linhas horizontais. Não existe uma necessidade de traçá-la. Com o prolongamento de duas linhas de uma mesma direção, tem-se os elementos suficientes para encontrar o ponto de fuga.

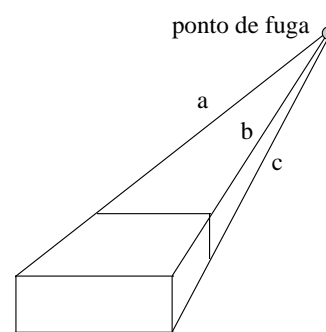


Figura 62 - Primeiro passo da dedução

Porém, nos desenhos produzidos encontramos algumas construções geométricas nas quais as três linhas foram prolongadas. O mestre questiona então o aluno que as produziu, sobre as razões que o levaram a prolongar a terceira linha. O aluno justificou seu comportamento utilizando o argumento da prova: *eu queria ver se funcionava*. Brousseau destacava, entre as funções do conhecimento, a função de prova como um argumento a disposição do aluno para verificação<sup>128</sup>. O argumento utilizado pelo aluno revela este uso, fazendo da terceira linha prolongada como uma verificação de que o ponto de convergência mantém seu aspecto invariante, para todas as linhas horizontais de mesma orientação. Neste caso, o aspecto da prova não foi argumentado pelo mestre, mas buscado pelo aluno, que não assimilou unicamente o conhecimento transmitido - o ponto de fuga se encontra na convergência. O aluno, neste caso, questionou o conteúdo do conhecimento

<sup>128</sup> Brousseau, Guy (1983). Etude des questions d'enseignement. Un exemple: la géométrie, opus cit.

apresentado, indo mesmo em busca de uma prova, dentro do próprio domínio do conteúdo, que permitisse de validar sua aquisição. O prolongamento da terceira linha serve, neste caso, como confirmação.

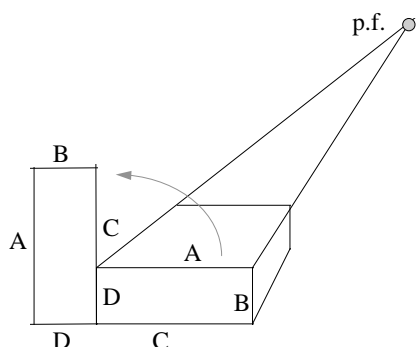


Figura 63 - Segundo passo da dedução

2º passo. No conteúdo da prescrição da ação fez-se referência à conservação de dimensões entre a primeira e a segunda caixa. Para iniciar o desenho da segunda caixa, e tendo em vista o fato de que o primeiro critério da perspectiva foi considerado como adquirido, serão definidos inicialmente as quatro linhas da superfície frontal da mesma. Estando contida no mesmo plano da primeira caixa, a ação do desenho da segunda consiste, inicialmente, na transferência das medidas obtidas anteriormente e na definição do retângulo da superfície frontal da mesma, como mostra a figura 63.

3º passo. A partir dos dois ângulos superiores do retângulo que acaba de ser desenhado, serão traçadas duas novas linhas. Neste momento o aluno pode colocar em ação o invariante operatório da convergência. As linhas a serem desenhadas representarão as arestas da caixa, que são horizontais e que são também perpendiculares ao quadro.

Assim, segundo a análise feita anteriormente, elas devem convergir para o ponto de fuga. Este, tendo sido definido no primeiro passo desta dedução, serve agora como referente de direção para a representação de novas arestas. O fato de que estas linhas tomem a direção do ponto de fuga, não implica necessariamente que elas sejam traçadas até o mesmo. Este primeiro traçado considera a direção de fuga, mas não considera ainda o tamanho da aresta.

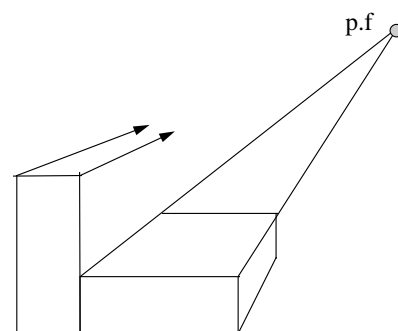


Figura 64 - Terceiro passo da dedução

Uma linha que vai até o ponto de fuga pode ser interpretada como uma linha infinita. A linha a ser definida não se enquadra nesta categoria. Para construir o desenho, da maneira como sugere a figura 64, deve-se apoiar a régua no ponto de

fuga e traçar uma linha considerando uma medida aproximada do tamanho que a mesma terá, em perspectiva. Mas este raciocínio se aproxima mais daquele do especialista da perspectiva e menos do sujeito que dá seus primeiros passos na mesma.

Estas considerações envolvem uma noção de « economia », uma vez que após traçada a linha, uma parte da mesma deve ser apagada quando seu real tamanho, em perspectiva, for definido. Para o especialista, esta tarefa faz parte do conjunto de sua ação e, neste sentido, ele toma decisões ao longo do trabalho que irão reduzir as linhas a serem eliminadas. Já no caso do aluno, a apropriação do conjunto de ações que envolvem as diversas etapas da produção de uma perspectiva é apenas parcial. As decisões que o aluno toma ao longo de sua ação concernem unicamente ao âmbito da ação local, mesmo porque ele ainda não vivenciou todas as etapas que conduzem à produção final de uma perspectiva, para considerá-las em sua atividade.

A linha, no desenho, pode estar representando uma das arestas da caixa, mas ela é também uma linha que deve se dirigir ao ponto de fuga. Este é o aspecto concreto da linha, ela tem um ponto de partida, o vértice da superfície frontal, e ela deve ir ao ponto de fuga. E nas etapas do desenho ela se liga verdadeiramente ao mesmo, ainda que uma parte desta linha deva ser eliminada. O raciocínio dos alunos é ligado, principalmente, aos aspectos concretos da construção do desenho, enquanto que aquele do mestre considera a seqüência de ações. Assim, o mestre propõe aos alunos a idéia de « economia », mas ela supõe um nível de abstração que pode não corresponder àquele disponível no aluno. O mestre vê a ação em seu conjunto, o aluno só pode ver a ação local.

4º passo. Para poder-se determinar a medida correta em perspectiva das linhas horizontais que acabaram de ser traçadas, utiliza-se uma tomada de informação, a partir do desenho da primeira caixa. A medida em profundidade se encontra sobre o desenho, considerando a condição de semelhança entre as duas caixas. A linha **A**, da figura 65, apresenta a medida desejada, obtida após a deformação perspectiva. Ela marca também a posição, segundo a qual, deve ser

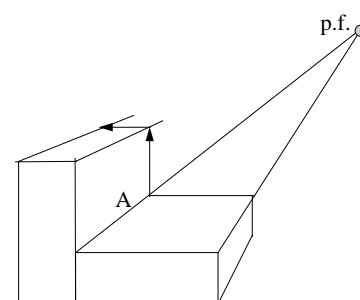


Figura 65 - Quarto passo da dedução

traçada a linha vertical, que limita a caixa em sua profundidade. A partir desta linha vertical pode-se então concluir o desenho da segunda caixa, traçando assim a linha horizontal, que irá *fechar* a superfície superior da mesma.

5º passo. Após a correta definição geométrica da representação gráfica de todas as arestas que compõem a caixa, resta a eliminar as linhas, ou segmentos de linhas, que não fazem parte do objeto representado. Trata-se daquilo que pode ser chamado de linhas auxiliares, que foram úteis ao processo de construção do desenho, mas que não encontram lugar

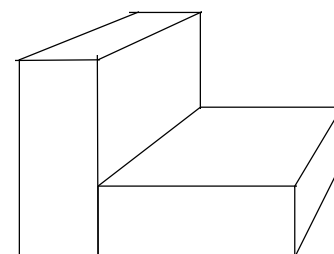


Figura 66 - Produção final

na representação final. É a partir desta etapa final do trabalho que podem ser justificadas as « economias », as quais se referem o segundo passo. Noção esta de conhecimento dos experts ou mesmo do mestre. Uma vez que parte das linhas devem ser eliminadas ao final do trabalho, é melhor evitar de traçá-las em excesso. É suficiente, na maioria dos casos, o uso de uma direção como orientação, sem necessariamente o traçado completo da linha até o ponto de fuga, por exemplo. Trata-se de uma estratégia importante, que facilita a obtenção de um bom desenho. A leitura do trabalho que está sendo executado torna-se mais e mais difícil, na medida em que o desenho esteja carregado de linhas auxiliares, que apresentam sua utilidade, mas que não fazem parte da forma que define o objeto representado.

Esta importância não pode ser partilhada pelo aluno que está executando seu primeiro desenho. De fato, a produção gráfica do aluno, resultante desta atividade, não indica nem mesmo uma ação de eliminação dos segmentos de linha auxiliares. Eles não apagaram suas construções geométricas auxiliares. Elas receberam o mesmo tratamento que a resposta final, em termos de definição geométrica da caixa. Podemos considerar a hipótese de que os alunos não interpretavam a perspectiva da caixa como a representação gráfica de um objeto, mas como um conjunto de construções geométricas que resolviam o problema proposto. Isto nos leva a considerar que a abstração do processo perspectivo de representação pode servir como um critério, que irá determinar um distanciamento entre a representação do mestre e aquela do aluno. Este distanciamento, se não for levado em consideração, poderá servir como fonte de dificuldades, no processo de sincronização entre mestre e aluno, para a condução da aprendizagem.

### 4.5.3 - A mudança de ponto de vista

Uma vez que o conjunto de alunos havia concluído seus desenhos, o mestre se volta para o aparelho e passa a procurar o ponto de fuga sobre o quadro de vidro (n.84). Primeiramente, ele reproduz no quadro os mesmos prolongamentos que foram executados sobre a folha de papel e descritos no primeiro passo: « vamos tentar agora fazer o desenho para encontrar o ponto de fuga, e tem alguma coisa que podemos notar... » O mestre tenta sincronizar as ações sobre o aparelho, com aquelas que foram executados sobre o espaço gráfico. Uma ligação entre o espaço real e o espaço de representação gráfica, que pode indicar o processo de conferência do sentido, ou da significação, ao significante. Nesta relação, a expressão gráfica funciona como um sistema de significantes e na ação sobre o espaço real (ou sobre o instrumento), são construídos os significados, através dos invariantes operatórios de diferentes níveis, as inferências e as regras de ação<sup>129</sup>. O que o mestre tenta mostrar, através da ação sobre o aparelho, são as transformações que são produzidas e as relações que elas mantém para alimentar o desenvolvimento da representação do aluno. O mestre coloca em evidência uma relação entre ponto de fuga e o ponto de observação: « existe sempre uma perpendicular... » Trata-se de um invariante operatório, que vai permitir fazer as previsões sobre a posição do ponto de fuga, a partir do ponto de observação. Mas, o mestre não apresenta apenas a formulação lingüística do invariante operatório. Ele também prova sua funcionalidade e é neste momento que a ação com o aparelho entra em ação. Para avançar em sua explicação, o mestre varia o ponto de observação e apresenta a relação entre esta variação e a noção de linha do horizonte. A seqüência de diálogos, que vai do n.88 ao n.105, gira em torno do conceito de linha de horizonte. Dela participam os alunos e o mestre responsável da turma, que evoca uma representação anterior, possivelmente existente nos alunos, sobre as diferentes proporções entre o céu e o mar, que pode ser observada à medida em que varia a altura daquele que os observa. Evoca-se assim, uma noção pragmática que o aluno disporia em um outro quadro, como fonte de referência para a expansão da situação particular em classe de situação.

Voltando ao aparelho, o mestre propõe aos alunos de fazer algumas previsões e de exprimir suas expectativas, com relação a uma perspectiva levando em

---

<sup>129</sup> Vergnaud, G. (1985). Concepts et schèmes dans une théorie opératoire de la représentation. Opus cit.



consideração uma mudança de ponto de vista. Movimentando o bastão que contém o anel de observação, o mestre propõe (n.109): « a um certo momento não será mais possível ver esta lado... », e um dos alunos faz uma previsão « e vai ser possível ver o outro. » O mestre responsável acrescenta, concordando com a proposição do aluno, « veremos primeiro frontalmente.. » A proposta do mestre que questionou sobre as previsões, é que se utilize o aparelho para verificar se as mesmas são verdadeiras. O aluno que formulou suas previsões se coloca na posição de observação que se encontrava à direita do aparelho. Ele inicia um movimento que leva esta posição de observação no sentido esquerdo e, ao mesmo tempo que ele movimenta o anel, ele observa as transformações. Ao perguntar-se se ele confirmava as previsões que ele tinha feito, ele responde que não. Tentando explicitar suas expectativas, identificamos uma descontinuidade em sua representação, que considerava que a partir do momento que ele não pudesse mais ver um dos lados da caixa, ele deveria poder ver o outro. Seu diagnóstico é expresso em n.126: « eu vejo isso, isso é isso e eu não vejo isso.. eu não vejo o lado. » Na ação com o instrumento ela pode completar a sua representação sobre as mudanças possíveis, a partir do movimento lateral do observador. Entre as posições relativas possíveis, entre objeto e observador o mestre destaca uma particular que corresponde àquela da redução projetiva (n.127). Para tanto, o mestre identifica a situação e o invariante, e solicita aos alunos a busca de uma formulação verbal, que evoque a noção de linhas superpostas. Os alunos propõem o uso do adjetivo *confondues*<sup>130</sup>. A contribuição do aluno se dá na identificação da palavra, dentro do sistema de significantes lingüísticos, para completar a formulação conceptual - situação, invariante e significante.

#### 4.5.4 - Uma mudança do sistema de significantes

O segundo objetivo didático desta aula, era de representar o conjunto tecnológico utilizado nas experimentações através do uso de uma linguagem gráfica. O tempo restante na aula permitia unicamente que se inicia-se um processo de mudança do sistema de significantes, passando por uma fase de « tradução », ou de condução, a mudança de quadro no sentido da definição das condicionantes de operação da transformação gráfica. Neste sentido, abordou-se um conjunto de convenções que vinculam os símbolos do sistema gráfico aos elementos do conjunto tecnológico.

---

<sup>130</sup> O termo *confondues* define as situações onde as linhas se encontram superpostas, na terminologia geométrica da língua francesa.

Trata-se da construção de uma representação gráfica, tendo como significado os elementos geométricos ativos no método perspectivo. De fato, até então o aparelho em si assumia o papel de significante, o anel foi concebido e era também interpretado como um significante, cujo significado era o de ponto de observação para a definição de um desenho em perspectiva. Estes dois elementos de uma representação, seja ela gráfica ou material, se relacionam com o aspecto real da transformação das formas, quando submetidas a um ponto de vista. Um fenômeno da projeção cônica, que resulta em desenhos de perspectiva que reproduzem a maneira como os objetos são percebidos.

Para conduzir a mudança do sistema de significantes, o mestre propõe inicialmente a idéia de execução de perspectivas, sem o uso do perspectógrafo (n.134). Ele pergunta aos alunos: « como vocês contam fazer esta perspectiva, sem dispor do perspectógrafo...? Deve-se começar pelo traçado de uma planta! » A proposição consistia em redefinir a situação. Trata-se agora do « abandono » do aparelho. Ao mesmo tempo que o mestre redefine a situação, ele indica o meio através do qual ela será redefinida, através do sistema gráfico. Foi preciso ainda que um acordo fosse estabelecido para a sincronização entre a representação de mestre e aluno, sobre a « planta » a ser produzida. O mestre responsável da turma evoca a imagem de uma visão « chata », para referir-se à vista projetiva superior. O mestre acrescenta a idéia de uma planta esquemática, onde são suprimidos todos os detalhes (n.140). Trata-se de um esforço de sincronização necessário para definir as regras do novo sistema de significantes que será utilizado.

A primeira noção *traduzida* para o sistema de significantes gráficos, é aquela do quadro de referência. O mestre indica o quadro em vidro, no aparelho, e propõe uma redução projetiva representando-o por uma linha. Ele passa um novo contrato com relação ao código (n.142): « portanto, agora este traço (indicando o quadro) significa o quadro. » O quadro, ao qual ele faz referência, não é de fato o significado dado ao traço, este último vem substituir o artefato material, quadro, por um código simbólico. O significado, tanto do traço como do quadro de vidro, é o plano de interseção que corta o cone de raios de visão, resultando em uma perspectiva. É neste plano que a perspectiva é construída. Entre o quadro de vidro e o traço no quadro o estatuto não se modifica, ambos são significantes que mantêm o mesmo significado, como se definíssemos um mesmo conteúdo através

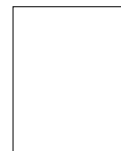
do uso de duas línguas diferentes. O significante sofre uma modificação, mas se refere a um mesmo significado.

Um outro elemento do artefato que vai ser *traduzido* na linguagem simbólica do desenho é o ponto de observação. O mestre pergunta aos alunos, que código seria adaptado para representar o anel. Um dos alunos responde: « um ponto com o negócio (supomos que o *negócio* ao qual ele se refere seja uma referência ao anel). » Na sua representação o aluno conseguiu prever a redução do bastão, no qual é fixado o anel. Mas, quando ele propõe que o « negócio » seja também representado, identificamos uma ligação ainda forte com o conjunto tecnológico maior que aquela que ele pode ter com seu significado. O bastão e o anel são soluções materiais que permitem ao sujeito de conservar seu olhar em uma mesma posição, enquanto ele desenha sobre o vidro. Seu significado é o de ponto de observação. Sua representação simbólica foi proposta pelo mestre que utilizou uma cruz (n.144): « vou utilizar uma cruz porque ela é um elemento geométrico de precisão. » Ele prossegue sua proposta argumentando a respeito da necessidade de precisão no âmbito da geometria (n.147).

A caixa é o último elemento considerado importante a ser representado na planta esquemática, que se constrói nestes momentos finais da aula. Neste sentido, o mestre desenha, diretamente no quadro um retângulo em uma posição paralela ao traço que representa o quadro. Ele pergunta aos alunos se a representação gráfica proposta era satisfatória, para referir-se à caixa que estava sendo utilizada. Os alunos indicam aceitar a representação proposta. Nos resta porém, a impressão de que o mestre tenha se adiantado e que ele poderia mesmo ter proposto uma falsa representação, criando assim um espaço para a interferência do aluno, assim como sugerem Georges e Higélé<sup>131</sup>. Com a definição de um espaço de interferência o aluno poderia se exprimir, mesmo corrigir, e o mestre poderia, mais uma vez inferir o conteúdo da representação do aluno sobre o novo sistema de significantes.

---

<sup>131</sup> Georges, Y e Higélé, P (1990) *Ateliers de dessin technique*, opus, cit., p.75.



A aula chega ao seu final quando o mestre conclui que com um traço, uma cruz e um retângulo (figura 67), estaria sendo definido uma planta esquemática do conjunto tecnológico que havia sido utilizado para a produção de perspectiva.



Figura 67 - Planta esquemática

## 4.6 - A dinâmica do modelo SEI e a gestão do ensino

Os dados obtidos a partir da aula, que acabamos de apresentar, nos permitem colocar em evidência diversos aspectos a serem analisados, sob a ótica do modelo de Situações de Ensino Instrumentado - SEI. Dentre eles destacaremos, a seguir: as defasagens identificadas, sejam elas a nível de representação e mesmo a nível da escolha do significante; a forma como o uso do instrumento permitiu uma atualização na representação do aluno, e finalmente, o início de um processo de sincronização entre o instrumento material e um instrumento gráfico emergentes dos dois quadros utilizados.

### 4.6.1 - As defasagens identificadas

As três noções gerais que foram destacadas durante a aula e explicitadas anteriormente (Posições das linhas e a situação; posições das linhas e a relação com o aparelho; convergência e ponto de fuga), serão analisadas a seguir, a partir das defasagens que puderam ser identificadas e cuja tomada de consciência pode contribuir para a eficiência do processo de gestão do ensino.

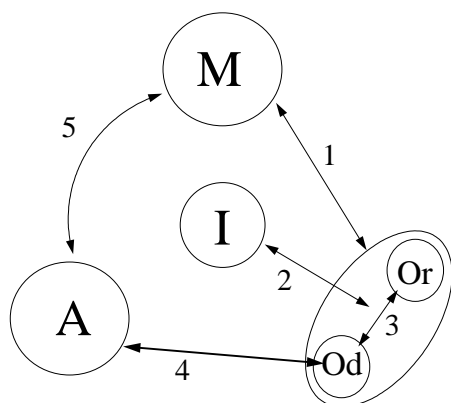


Figura 68 - Modelo SEI e a defasagem na definição do objeto

M - mestre  
A - aluno  
I - instrumento (perspectógrafo)  
Or - objeto real (caixa de papelão)  
Od - objeto representado (perspectiva da caixa)

Primeiramente, na definição da posição das linhas foi possível identificar indícios de uma defasagem entre o objeto, ao qual o mestre se refere, e a resposta que ele obtém dos alunos. Utilizaremos o modelo SEI para analisar as relações ativas nesta situação, de forma a tentar identificar a fonte de tal defasagem (figura 68).

O mestre havia formulado algumas perguntas sobre a posição das linhas da caixa (horizontais, verticais ou outra), mas a definição que ele fez do objeto não levava em consideração as diferentes

propriedades deste objeto. Na sua relação com o objeto (relação 1 - fig. 68), este último é considerado pelo mestre como um todo, como a caixa. De fato, o objeto é a caixa, mas é preciso considerar que na situação da ação dos alunos, a noção de caixa comporta dois estados, podemos mesmo mencionar dois quadros.

A ação realizada pelos alunos comporta uma caixa de papelão, que deveria ser representada por seu desenho sobre o quadro de vidro, mantendo o olho fixo sobre o anel. Nesta ação, os alunos deveriam produzir um desenho, que era uma representação gráfica (em duas dimensões) da caixa real (em três dimensões). Nesta ação, o objeto real e o objeto representado graficamente, apresentam uma relação de transformação (relação 3 - fig 68), que foi realizada pelo aluno, submetida às condicionantes do aparelho (relação 2). Com relação ao objeto *caixa*, é possível identificar dois espaços onde ela se manifesta, o espaço real e o espaço gráfico, como foi colocado em evidência no modelo da figura 68.

O mestre, fazendo referência à caixa, sem explicitar uma distinção em seu espaço de expressão, não forneceu aos alunos os elementos suficientes para identificar o objeto. A ação que o aluno executou com o aparelho era de fazer um desenho, de desenhar algumas linhas. Quando o mestre formula a questão sobre a posição das linhas, o aluno se dirige ao objeto que, segundo seu ponto de vista, é composto de linhas, ou seja, o objeto desenhado (relação 4). Assim podemos ver esta distinção na forma de apropriação do objeto como uma fonte de defasagem, entre as

representações de mestre a aluno (relação 5). Esta defasagem se manifesta na resposta obtida para a pergunta do mestre sobre as linhas do objeto.

Para tentar reduzir esta defasagem, a primeira parte da aula foi dedicada à distinção entre os dois espaços do objeto. O quadro comparativo que foi construído (fig. 58 a 61) pelo mestre, tem como base a noção da distinção entre os dois espaços, o real e a perspectiva. Toda a primeira parte da análise conduzida pelo mestre, levou em consideração os dois estados do objeto (relação 3), para em seguida, se centrar sobre as transformações às quais certas linhas são submetidas e a relação que estas transformações tem com o instrumento (relação 2).

Uma outra noção que foi abordada ao longo da aula foi aquela da relação entre as arestas da caixa real e a posição que elas ocupam com relação ao aparelho. Na sua condução da análise, o mestre tenta colocar em evidência a diferença entre as linhas e as diferentes transformações, às quais as mesmas são submetidas quando se opera a passagem do espaço 3D ao espaço 2D. A análise é feita se baseando no aparelho, enquanto elemento tecnológico, e seus resultados devem ser expressos em termos de objetos do saber. Destacaremos a situação na qual identificamos uma defasagem, cuja origem refere-se à diferentes relações entre significantes e significado (figura 69). Trata-se, neste caso, da identificação das posições relativas das arestas da caixa com relação ao quadro.

Para abordar a questão das posições relativas, o mestre formula uma pergunta, referindo-se aos elementos materiais, caixa e perspectógrafo, lhes conferindo, portanto, o estatuto de elementos geométricos. Os alunos por sua vez, devem se referir ao instrumento para poder identificar as posições relativas. Ou seja, o instrumento vai se relacionar, de um lado com o mestre, e de outro com o aluno.

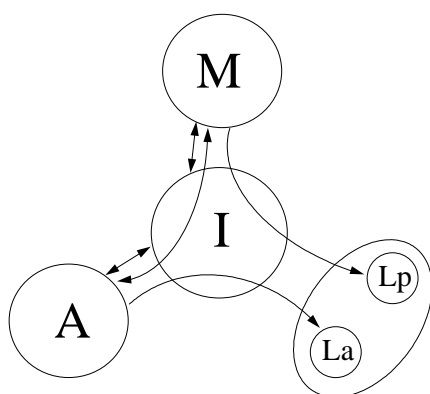


Figura 69 - Modelo SEI e a defasagem na escolha do significante

Considerando as diferentes representações que ambos dispõem sobre os elementos geométricos, estas duas relações com o instrumento não são de mesmo nível. De fato, se considerarmos a resposta dada pelo aluno, podemos identificar outro tipo de defasagem. O aluno vê no instrumento linhas que se distanciam, enquanto que o mestre as vê como sendo perpendiculares. Ambos

Lp - Linhas perpendiculares  
La - Linhas interpretadas pelo aluno

fazem referência a um mesmo significado, que se encontra no instrumento, no caso as linhas do objeto real. Mas, a formulação do significante não é a mesma para aluno e mestre. Ainda que o aluno conheça as linhas perpendiculares, ele não faz uso desta terminologia, para definir a posição relativa que ele identificou.

Um pouco mais adiante, na situação, o mestre propõe a terminologia geométrica, para definir a posição relativa. O aluno não indica nenhuma dificuldade de aceitação da referência perpendicular, para definir aquilo que ele havia definido como linhas « que se afastam ». O aluno aceita o novo termo, mas não foi capaz de utilizá-lo, indicando assim que o reconhecimento, a partir de padrões pré-determinados, pode ser bem mais fácil que a geração, a partir de suas próprias referências, de uma resposta adaptada. Podemos formular a hipótese de que se a resposta do aluno pudesse se basear em uma escolha entre termos pré-definidos (paralela, perpendicular ou inclinada), ela contemplaria certamente a escolha correta. Mas, neste caso, não seria possível identificar, como acabamos de fazer, um indício de uma defasagem entre a escolha dos significantes para um significado comum, representado pelo artefato material. Neste caso, a existência da referência material, comum ao mestre e ao aluno, serve como elemento mediador, de modo a evitar que o mestre considere esta diferença no uso de significantes, como uma defasagem da interpretação de significados. O conjunto de elementos materiais, que media a relação entre ambos, define assim uma área de discussão, instrumentando a busca da sincronização entre suas representações, necessária para se estabelecer um diálogo.

Uma última decalagem, que pôde ser identificada entre a representação do mestre e aquela do aluno, refere-se à apreensão da situação. Ou seja, o conjunto de etapas que a ação do desenho comporta. Nos passos geométricos que resultam na solução do problema (desenhar a segunda caixa partindo do desenho da primeira), podemos observar o início na busca da determinação do ponto de fuga. Os alunos prolongam as retas, já desenhadas, até que as mesmas se cruzem, dando origem ao mesmo. Por vezes, eles decidem mesmo de prolongar as três linhas. O argumento utilizado pelo aluno para sua ação, era a certeza que ele buscava e que ele teria efetivamente encontrado o ponto de fuga. O mestre não vê a necessidade de prolongar as linhas e ele chega mesmo a comentar este fato com um dos alunos. Esta decalagem se deve à visão completa das etapas sucessivas, que irão resultar na perspectiva. Ao evitar, ou querer evitar, o excesso de linhas a serem

eliminadas, o mestre estaria tomando certas decisões, que só surtirão efeito na fase final do trabalho. Para o aluno que executa uma etapa do trabalho, sem ainda ter construído uma representação de todas as fases da ação, as estratégias de economia no traçado de linhas não apresentam sentido. A validade do raciocínio do aluno é local, se restringindo à ação que ele executa. Já o mestre se representa em uma atividade completa, comportando na mesma as diversas etapas do trabalho. Neste sentido, o mestre adota as estratégias que tornarão mais simples as ações de uma fase ulterior, mas elas só adquirem sentido se considerar-se a sucessão de etapas. O aluno não poderá ter o mesmo tipo de visão antes de ter passado, pelo menos uma vez, por todas as etapas. As observações que o mestre pode ter feito a respeito da estratégia de economia de traços, tornando assim mais fácil as etapas seguintes, não encontraram espaço, em termos de sentido, junto ao aluno, uma vez que ele não as representa.

Se observamos os desenhos concluídos ao longo da aula, podemos mesmo questionar se o aluno identifica a perspectiva da caixa como um objeto, que ele acabara de construir. Isto porque eles não procederam à eliminação dos traços auxiliares, distinguindo assim a perspectiva em si das linhas que serviram para sua construção. Todas as linhas do desenho produzido apresentavam a mesma espessura<sup>132</sup>, e nenhuma linha auxiliar foi eliminada. Esta distinção entre o valor das linhas utilizadas na ação, existe na representação do mestre, mas ela não é evidente a partir da produção gráfica dos alunos.

A defasagem é a mesma, quando o mestre pergunta aos alunos onde se encontra o ponto de fuga e eles respondem: no ponto de convergência. A situação, não tendo sido definida para o aluno como ela o é para o mestre, representa aqui a origem da defasagem. O mestre se refere a uma situação abstrata, que não é acessível aos alunos. Na situação do desenho, apresentada ao longo da aula, os alunos puderam responder a questão. Eles procuraram o ponto de fuga, através do prolongamento das linhas da primeira caixa. A situação estando bem definida, era possível de obter-se uma resposta adequada. Ao longo da aula o mestre tomou consciência da impossibilidade de trabalhar em um nível de abstração, que não é acessível ao aluno. Este processo de tomada de consciência tem início na identificação do

---

<sup>132</sup> Uma característica da linha que pode sugerir níveis de importância diferentes. Linhas visíveis, linhas auxiliares, linhas de chamada, etc.



conteúdo das representações do aluno e leva o mestre à busca da sincronização, a nível da abstração, com aquela acessível ao aluno.

#### 4.6.2 - O instrumento e a representação do sujeito

O mestre utiliza o instrumento para provar as relações que dão origem aos invariantes operatórios da perspectiva, como a perpendicular que une o ponto de observação ao ponto de fuga. Ao incentivar os alunos a fazer algumas previsões, o mestre propõe a mudança do ponto de vista no perspectógrafo. Foi possível mesmo identificar os indícios de uma sincronização, entre o raciocínio do mestre e aquele do aluno, quando este completa a afirmação do mestre - a um certo momento não será mais possível ver este lado.. - afirmando: e vamos então ver o outro. A figura 70 apresenta algumas das relações que podem ser analisadas, sob a ótica do modelo SEI, a partir das previsões feitas pelos alunos.

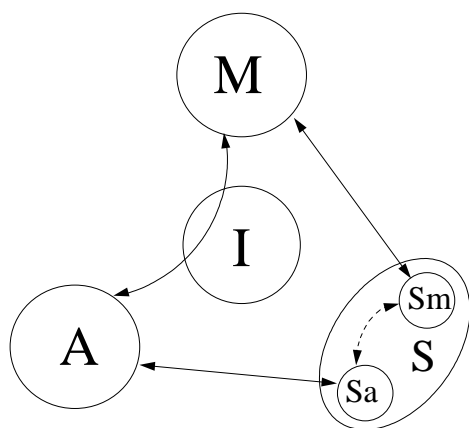


Figura 70 - Modelo SEI e as previsões do aluno

S - Domínio do saber  
Sm - Saber apropriado pelo mestre  
Sa - Saber apropriado pelo aluno

De fato, na formulação de suas provisões, o aluno indica um lapso em sua representação, que não contemplaria todas as fases intermediárias da mudança de ponto de vista. Estes lapsos definem a diferença entre os conteúdos do domínio do saber, que foram apropriados pelo mestre (Sm), e aqueles apropriados pelo aluno (Sa). De fato, antes que seja possível observar o outro lado da caixa, devem existir ao menos três posições particulares segundo as quais não será possível observar nenhum dos dois lados, e o aluno

não as considerou em sua previsão. A formulação da questão proposta pelo mestre é intermediada pelo instrumento, através do qual foi definida a situação. É sobre o instrumento que o aluno vai operar as transformações, de maneira a prever o resultado. Ele vai mesmo agir sobre ele para obter a resposta às suas previsões. A relação entre os dois sujeitos é assim

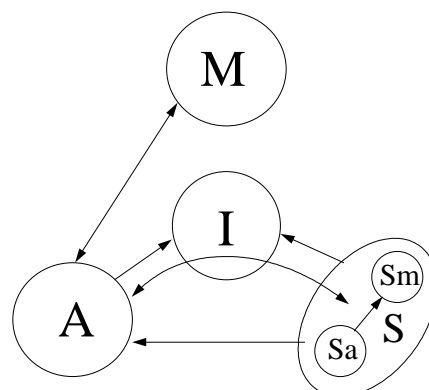


Figura 71 - O modelo SEI e a ação do aluno

mediada pelo instrumento, assim como pela língua. O mestre, tendo sua própria interpretação do saber, pode prever os efeitos das ações que ele propõe. O aluno, por sua vez, ao formular suas previsões, indica manter também uma representação das transformações, mas existe uma defasagem entre o conteúdo apropriado pelo mestre e aquele apropriado pelo aluno. Ao identificar os lapsos na representação do aluno, o mestre o convida a verificar, através de uma ação sobre o aparelho, a validade de suas previsões. Para analisar a ação com o instrumento, retomaremos o modelo SEI, apresentado na figura 71.

O aluno inicia sua ação estando consciente do movimento que ele deve executar sobre o bastão, para obter a mudança de ponto de vista. Sua ação, feita sobre o aparelho, significa a transformação da relação entre o observador e o objeto observado. Na medida em que o aluno verifica o resultado de sua ação, o mestre lhe questiona: « era isso que você tinha pensado? » E o aluno responde que não. É possível então obter uma confirmação da defasagem, que havia sido identificada quando o sujeito dizia que ao deixarmos de ver um lado da caixa, começaríamos a ver o outro.

O aluno age diretamente sobre o instrumento e faz a leitura do resultado, a partir da imagem obtida sobre o mesmo, comparando assim com as previsões que ele havia formulado. O instrumento, por sua vez, incorpora em si as transformações que foram institucionalizadas no domínio do saber em perspectiva. As transformações no instrumento possuem um homomorfismo, com as transformações que são executadas no espaço abstrato das representações gráficas. É através da ação com o instrumento, que o aluno pode se dar conta dos lapsos existentes na sua representação. Ele identifica a defasagem e pode transformar o saber que ele apropriou, se aproximando daquele apropriado pelo mestre. O conhecimento do aluno se transforma e o papel do mestre foi de conduzir este processo. Não houve um conteúdo formal que foi ensinado, mas o aluno aprendeu. O mestre identificou a defasagem mas, ao invés de tentar reduzi-la apresentando as diferenças e justificando sua origem, ou abordando as transformações e completando os lapsos do aluno, o mestre propõe uma ação sobre o instrumento, permitindo ao aluno de identificar e completar por si só os lapsos de sua representação. O mestre conduz o aluno nas suas ações, mas ele transforma sozinho seu próprio conhecimento. Este mesmo tipo de conduta pode ser encontrado no trabalho de Colmez, Parzysz e

Thomas<sup>133</sup>, no curso de geometria do espaço para os alunos do BTS (Breve Technique Supérieur), quando eles propõem de voltar ao instrumento para verificar as expectativas que eles tinham a respeito dos efeitos de sombra. Não se trata do conhecimento do mestre servindo de fonte para a aprendizagem, mas da teoria materializada no instrumento que permite ao mestre de guiar as ações, que podem resultar na construção de conhecimento junto aos alunos.

Neste sentido, podemos observar uma relação do mestre com o instrumento, buscando as possibilidades de ação, que poderão resultar na identificação das defasagens, ou na transformação do conhecimento dos alunos, pela apropriação de invariantes operatórios e pela construção de regras de ação. No caso acima apresentado, o mestre propõe ao aluno que ele verifique suas previsões, em uma ação com o aparelho, evitando de simplesmente informá-lo sobre as diferenças que poderiam existir na sua representação. De fato, o mestre não pode mesmo ter certeza sobre a natureza das diferenças na representação, uma vez que ele apenas identifica um índice das mesmas e não a representação em si. Portanto, quando ele envia o sujeito ao aparelho, a partir de uma identificação de um problema, ele deixa a ação avançar de forma a resultar em transformações no conhecimento do aluno, sem mesmo saber, com precisão, qual era a natureza da defasagem identificada. O conhecimento incorporado no instrumento funciona como uma referência real para a adaptação do conhecimento do sujeito. Foi o que aconteceu com o aluno nesta experimentação. Ele esperava uma transformação na forma percebida da caixa, que passava portanto por transformações intermediárias. Quando ele agiu sobre o instrumento, ele pode identificar que suas expectativas não eram corretas. Ele pôde, em sua relação com o aparelho (sem ajuda de um ensino), adaptar seu conhecimento às transformações que ele viu acontecer em sua ação sobre a realidade, materializada através do instrumento.

#### **4.7 - A evolução do instrumento material ao instrumento gráfico**

A mudança de significantes, proposta pelo mestre, consiste em um passo importante para o processo evolutivo do instrumento, como foi proposto na figura 49 (pg. 156). A proposição era apenas de traduzir, em uma linguagem gráfica, o conjunto tecnológico - aparelho e objeto -, mas de fato, toda uma série de relações

---

<sup>133</sup> Colmez, F., Parzysz, B., Thomas, C. (1992), Enseignement de la géométrie dans l'espace en BTS d'arts appliqués, opus cit.

surgem entre o artefato e o desenho que o representa, permitindo assim, a identificação de um caminho, através do qual o instrumento material pode servir como fonte para a estruturação de um instrumento gráfico.

Inicialmente, para considerar o aparelho como um sistema de significantes, é preciso avaliar sua capacidade de representar alguma coisa e também de comunicar. Nos vários sistemas de significantes é possível identificar os dois aspectos ao mesmo tempo, mesmo se em alguns deles o poder de comunicação é maior que aquele da representação, e vice-versa. As letras de uma língua evocam um som, mas elas só serão um instrumento de comunicação, se o sujeito for capaz de reconhecer um sentido naquilo que um conjunto de letras deseja comunicar. Assim, no aparelho, podemos identificar facilmente seu poder de representar o ambiente perspectivo, mas para que seja construído este sentido, para que ele possa comunicar alguma coisa, é preciso que o sujeito que irá utilizá-lo passe pela ação, assim como para se servir da língua falada é preciso saber utilizá-la, conferindo assim um sentido a seus elementos.

No início da ação o aparelho não era nada mais que um objeto material fabricado, pelo menos naquilo que se refere ao ponto de vista do aluno que não o conhecia. Para o mestre a relação com o aparelho se encontra em um outro nível. Já abordamos anteriormente os dois sentidos dos processos de gênese instrumental -, do artefato ao esquema e do esquema ao artefato. Considerando apenas a relação do aluno com o aparelho, eles foram conduzidos a executar uma ação com o mesmo. Se, nos primeiros momentos, eles não sabiam mesmo para que serviria o aparelho, para realizar a tarefa que lhes foi prescrita, eles foram obrigados a construir uma representação para a ação. Neste momento, o aparelho começa a mudar de estatuto e começa a assumir seu lugar como um instrumento. Mas isso não quer dizer que os alunos mantêm uma relação epistêmica com a perspectiva. Mesmo porque, nesta primeira abordagem do quadro material, o sentido dado a seus elementos ainda está em fase de construção. Na ação foi possível identificar indícios da construção de um esquema associado ao uso do aparelho, como foi detalhado na primeira experimentação.

No curso da ação os elementos do artefato começam a adquirir um sentido. Ao longo da aula podemos mesmo ver que alguns destes sentidos podem ser considerados como instalados. Quando o mestre fala do ponto de observação ele

está se referindo a um anel fixo em um bastão. Os alunos também o compreendem como tal. Quando o aluno desloca o anel para verificar o processo de transformação da forma, à medida em que o ponto de vista se desloca, ele estaria operando sobre o artefato uma modificação, que corresponde a um sentido no campo abstrato. O anel é apenas um anel enquanto componente material, mas para o aluno, assim como para o mestre, ele significa um ponto de observação, e este último implica em uma componente esquemática, que pode ser interpretada como um conteúdo de comunicação possível através do instrumento. É possível então considerar que no aparelho existe um sistema de significantes, ligados ao domínio da perspectiva e da projeção cônica, que adquire este sentido na medida em que o sujeito seja conduzido a uma ação com o mesmo.

O mestre utiliza então o instrumento material para introduzir o aluno no domínio da perspectiva, mas através das ações sobre o mesmo, ele conduz unicamente à construção de conceitos em ato ou pragmáticos. Para poder evoluir, no sentido da conceptualização epistêmica da perspectiva, ele é obrigado a modificar o sistema de significantes, utilizado para poder trabalhar as transformações da forma do objeto em um espaço gráfico geométrico. Esta modificação exige porém que seja estabelecido uma ligação entre os dois sistemas, e esta é a proposta que foi executada na parte final da aula, quando é construído uma *planta esquemática do aparelho*. O mestre inicia sua *tradução* a partir da representação gráfica do quadro de referência. De fato, ele propõe a noção de redução projetiva para representar o quadro de vidro através de um traço. Ele passa o contrato: « agora este traço significa o quadro. » Nesta afirmação podemos identificar os dois sistemas de significantes, mas podemos também interpretá-los de uma outra maneira. Em princípio o traço e o quadro de vidro são duas maneiras diferentes de representar materialmente um mesmo significado, que é aquele de plano que corta o feixe de raios visuais. Nesta interpretação é possível imaginar os dois elementos, o vidro e o traço, como dois significantes pertencentes a dois sistemas diferentes, ligados porém a um mesmo significado, ou seja, a tradução gráfica daquilo que o aparelho quer representar. Mas é possível fazer uma outra interpretação intermediária, onde o traço assume o papel de significante, tendo como significado o quadro de vidro: « este traço significa o quadro. » Mas esta etapa intermediária não chega a negar a primeira hipótese de dois sistemas de significantes, pois trata-se de uma tradução, em uma linguagem gráfica, de um significante que tinha uma forma tridimensional. O mesmo acontece quando dizemos que a palavra « mesa » em português,

significa « table » na língua francesa. No momento da troca do sistema de significantes, ou na troca de línguas, é preciso que se faça as correspondências entre os mesmos, mas isso não quer dizer que eles irão substituir o significado. Mesmos porque, no caso de uma tradução, a reversibilidade é sempre possível, assim como o traço significa o quadro, o quadro também pode significar o traço. O mesmo não acontece no sentido vertical, ou seja, se o anel significa um ponto de observação, este último encontra no anel unicamente um elemento signifiante, não sendo possível assim a reversibilidade de uma tradução.

Na ação do mestre foi possível identificar diversos momentos, quando ele utiliza o aparelho fazendo referência a seu significado: no deslocamento do ponto de observação, que é seguido do deslocamento material do bastão, na determinação da relação entre o ponto de fuga e o ponto de observação, quando o mestre apresenta a linha perpendicular, que passa pelo segundo, determinando o primeiro. A figura 73 apresenta um quadro, onde é feita a distinção entre alguns dos significantes e os significados e a sua relação com a realidade, segundo os dois sistemas, gráfico e material. Estas relações podem ser interpretadas como pertencentes a dois tipos de instrumentos, que são ligados a uma mesma realidade, integrados a duas situações ou quadros diferentes.

Realidade	vértice do cone óptico		deformação cônica	
Significado	Ponto de observação		Elementos da perspectiva	componente esquemática
Signifiante	Perspectógrafo anel	grafismo ponto (cruz)	Sistema de significantes	componente material

Figura 72 - Relações entre o sistema de significantes e o significado e sua caracterização enquanto diferentes instrumentos

As primeiras relações foram construídas na ação, quando o sujeito devia localizar seu olho no anel, para desenhar sobre o vidro. Neste momento, começa a construção de um significado para o anel do perspectógrafo. Ele deixava assim se ser um simples anel e ganhava o significado de ponto de observação. Aliás, na aula, faz-se referência ao significado - ponto de observação - e não ao signifiante - anel. Os invariantes operatórios ligados ao esquema de uso « não se deve mexer a cabeça », foram construídos na ação com o instrumento material. A mudança do sistema de significantes implica na expressão gráfica e no trabalho, em duas

dimensões, de um fenômeno que comporta três dimensões. Ele implica também na mudança da situação onde foram construídos tais invariantes. Se a mudança do sistema de significantes é executada através da convenção proposta pelo mestre, a extensão da validade do invariante operatório não é automática. Resta o vínculo entre o novo elemento significativo e o significado, é o caso da substituição do anel por um ponto, no caso uma cruz, sobre o papel. Ambos os elementos fazem referência a um mesmo significado, o ponto de observação. Mas, se os alunos puderam construir seus esquemas de uso do aparelho, que impunha a restrição de não movimentar o olho, isto não quer dizer que eles vão encontrar a mesma restrição na situação definida pelo sistema de significantes gráfico. E, no entanto, o esquema existe e ele é operacional a nível do instrumento material. Resta ao mestre sua recuperação, na experiência real do aluno, para poder torná-lo eficaz na situação de representação gráfica.

O quadro da figura 72 indica o anel e o ponto, ou a cruz, como dois tipos de significantes, ligados a dois sistemas diferentes, ambos podendo significar o ponto de observação. Podemos também encontrar outros elementos que podem ser traduzidos de um sistema ao outro. É o caso do quadro de vidro, no perspectógrafo, e o traço, no desenho, que evocam igualmente o plano de referência como significado. De um ponto de vista geral, o quadro apresentado propõe a interpretação dos sistemas de significantes ligados à perspectiva, como componentes de um instrumento, seja ele material ou gráfico. Se, no instrumento perspectógrafo, a construção da componente material se adianta à construção do significado, no instrumento gráfico o sentido de gênese instrumental se inverte. Faz-se uso dos significados que foram construídos na ação com o aparelho, para traduzi-los em linhas ou pontos ligados ao artefato gráfico. Isto indica a existência de dois instrumentos de natureza diferentes, inseridos em diferentes quadros: o perspectógrafo e sua constituição material e a perspectiva e sua expressão gráfica. A construção do sentido, no instrumento gráfico, passa pela identificação do significado, no instrumento material, e este pode ser considerado como o papel principal do instrumento no processo da engenharia didática.

Uma estratégia didática que utiliza o perspectógrafo como ponto de partida para a construção do sentido, passa por etapas intermediárias que comportam: a definição de uma componente material (adoção do perspectógrafo pelo mestre); a construção do sentido ou dos significados ligados ao artefato (na ação dos alunos); e

finalmente, a tradução destes significados em uma linguagem gráfica (conduzida pelo mestre). Na sua constituição histórica, um instrumento como o perspectógrafo, mantém uma relação com a realidade, referindo-se ao fenômeno da deformação cônica. A opção de construção do sentido, baseada diretamente nos significantes gráfico, exigirá a utilização de outros meios, entre eles, o uso da linguagem verbal como forma de explicitar os significados atribuídos aos elementos geométricos. Neste caso, deve-se considerar as dificuldades de comunicação que terão origem em uma defasagem entre os significantes da língua, utilizados pelo mestre e os significados que serão ativados junto ao aluno.

A correlação entre dois sistemas de significantes é não só possível, como pode ser também mais eficiente como encaminhamento didático. Ela se baseia na idéia de escolha de um significante para um significado já adquirido, uma opção mais simples que a da construção do sentido, a partir de um sistema de significantes. Finalmente, é preciso destacar que os invariantes construídos na ação, com o instrumento material, não serão automaticamente transferidos para a ação com o outro. Eles se mantêm porém, como uma fonte da qual o mestre pode se servir para a condução da mudança de quadro, de modo a interferir no processo de aprendizagem.

#### **4.8 - Conclusões da terceira experimentação e a evolução das estruturas**

Nesta terceira experimentação a condução do mestre, de sua engenharia didática, representa o centro da ação. A situação de análise dos resultados obtidos nas ações com o instrumento e a relação com os conceitos científicos, que constituem o fundo desta análise, é conduzida pelo mestre em uma interação com o aluno. De fato, nesta experimentação dispomos de uma maior quantidade de dados relativos às estratégias didáticas, que sobre o efeito em termos de conceptualização junto aos alunos. Observamos, no entanto, como é possível estabelecer uma ligação entre as construções feitas na ação com o instrumento e a relação epistêmica com o saber, se não científico, ao menos a nível de conceitos técnicos, ou como a ação com o instrumento pode representar uma fonte para a construção destes conhecimentos.

O primeiro aspecto que nos parece importante a evidenciar é aquele da construção do sentido, que foi encaminhado ao longo das duas primeiras experimentações.

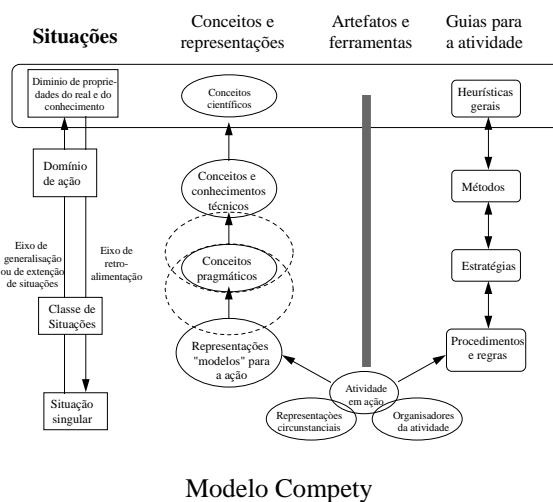


Eles permitiram ao mestre a condução da mudança do sistema de significantes, a partir de um mesmo significado. Na condução desta modificação, e consequentemente na redefinição da situação, encontramos uma maneira de explicar como os instrumentos podem contribuir em um processo de engenharia didática. Isto significa também que na situação de ação com o aparelho, que indica um processo de gênese instrumental, o sentido que foi construído guarda uma proximidade com as teorias materializadas no instrumento. Através da ação com o mesmo, o sujeito pode identificar os invariantes operatórios, dos quais uma parte será mantida quando da mudança de quadro e da abordagem da teoria que se deseja ensinar. É preciso então identificar, entre os invariantes construídos, aqueles que se mantêm pertinentes para o processo de aprendizagem e que serão contemplados na análise e na mudança do sistema de significados. Esta tarefa corresponde ao papel do mestre, quando implicado no desenvolvimento de uma engenharia didática, que faz uso do instrumento como forma de: definir uma situação, agir sobre o ambiente simulado, identificar as defasagens na representação do aluno, identificar os invariantes construídos, identificar aqueles pertinentes, conduzir a mudança dos significantes, entre outros.

#### 4.8.1 - O mestre e as estruturas da competência

Nas análises feitas até aqui, o sujeito abordado foi principalmente o aluno e a evolução de sua competência em situação de aprendizagem da perspectiva. Ainda que a construção da competência do aluno represente o núcleo deste estudo, não é possível imaginar que ambos os sujeitos participantes do processo não entejam implicados em uma mudança de suas competências.

Mas, para iniciar uma análise, considerando o mestre como sujeito, será preciso tomar praticamente o caminho inverso daquele utilizado para estudar a evolução da competência do aluno. Isto porque, em princípio, o aluno deve construir seu conhecimento em um domínio do saber que o mestre, teoricamente, conhece muito bem. E, nesta oposição de base foi possível identificar, através das



Modelo Compety

experimentações, alguns problemas que podem dificultar o processo de ensino e de aprendizagem.

Na análise de dados, ligados à construção de competência do aluno, foi possível identificar alguns indícios de um alargamento das estruturas no sentido da generalização. Vimos a evolução do conceito em ato até um tênue contato com os conceitos técnicos, vimos também um processo de generalização e de transformação das ferramentas materiais em ferramentas sêmicas. Mas, este processo de generalização não é o mesmo do mestre ao abordar uma situação de condução do ensino. Se considerarmos que sua competência já é a mais genérica possível, em um determinado domínio do conhecimento, então nos resta a procurar qual é a competência para fazer o aluno aprender. A resposta pode ser encontrada em um caminho de cima para baixo no modelo Compety, um movimento que é exatamente oposto àquele do aluno, mas que nem por isso se mostra mais simples a obter.

Alguns índices da necessidade de redução do nível de abstração, no qual o mestre trabalha, foram identificados nas defasagens destacadas nesta experimentação. Quando o mestre fala do objeto (a caixa de papelão) de uma maneira genérica, sendo possível identificar ao menos dois espaços nos quais ela estaria presente, trata-se de uma defasagem à nível da compreensão da situação. Para o mestre a situação é abstrata, mas o aluno tem necessidade de uma referência concreta para poder avançar em seu próprio processo de abstração. O mestre falava do objeto e os alunos se questionavam qual deles. O mestre estaria situado em uma situação genérica e os alunos tinham necessidade de uma especificidade. Outros exemplos similares foram também identificados, a nível do uso de significantes.

A caracterização da defasagem, através dos exemplos destacados nesta experimentação, mostra a necessidade de conjugação de esforços da parte dos dois sujeitos implicados no processo didático. De um lado, sabe-se bem que deve haver um empenho por parte do aluno para aceder aos níveis de abstração mais elevados, mas as experimentações mostram também a necessidade de um empenho por parte do mestre, no sentido de reduzir seu nível de abstração e de atingir aquele praticado pelo aluno, para assim poder conduzi-lo no sentido de um nível mais elevado. Levando em consideração o eixo dos conceitos e representações do modelo Compety, podemos identificar a representação dos

alunos a partir das representações circunstanciais sobre o domínio da perspectiva. Eles se mostraram mesmo capazes de produzir uma perspectiva, antes mesmo de passar pela atividade com o aparelho. Vimos isso na primeira antecipação e na primeira experimentação. Mas, neste momento, junto ao mestre, os conceitos técnicos e científicos já se encontram ativos. Para que seja possível estabelecer um diálogo entre os dois sujeitos implicados no processo, seria preciso que seus conteúdos estivessem em um mesmo nível, o que invalidaria a ação de condução da aprendizagem. O mestre pode mesmo identificar alguns conceitos em ato, ou mesmo discutir com os alunos sobre os conceitos pragmáticos que eles acabaram de descobrir, mas é preciso abandonar, em um primeiro momento, o discurso técnico ou científico, pois ele não faz parte do vocabulário disponível para o aluno. Ou mesmo o vocabulário pode estar disponível para o reconhecimento mas não para a produção verbal. É o caso do aluno que refere-se às linhas paralelas (vocabulário técnico-científico) como sendo as linhas que conservam sempre a mesma distância (formulação pragmática do conceito ou destaque para o invariante operatório que se encontra ativo).

O mesmo fato se repete no eixo dos elementos guias para a atividade. Se para o aluno o início do desenvolvimento de sua competência se encontra na identificação de elementos que organizam sua ação sobre o aparelho, em um primeiro momento, e sobre o sistema geométrico em uma fase seguinte, para o mestre os métodos e estratégias já se encontram estruturados. Neste sentido, observamos a maneira como os alunos determinam o ponto de fuga, desenhando uma linha inteira, até que a mesma encontre uma outra, e mesmo desenhando uma terceira, após a determinação do ponto procurado. Para o mestre as três linhas traçadas integram uma parte do desenho que será apagada, portanto, visando à redução do trabalho em uma etapa posterior, não se deveria desenhá-la completamente mas apenas a sua parte útil, aquela que seria incontornável. Esta é uma visão que não pode ser abordada pelo aluno, uma vez que o mesmo não percorreu uma única vez todas as etapas do processo de produção gráfica. A distinção entre as linhas de construção e as linhas do desenho final não parecia nem mesmo clara para os alunos, uma vez que eles consideraram a atividade concluída, sem terem se dedicado à eliminação das linhas auxiliares.

As diferenças são ainda mais importantes no eixo dos artefatos e ferramentas. Se para o aluno o aparelho pode não apresentar nenhum sentido, em um primeiro contato, para o mestre a relação com o instrumento passou por toda uma gênese e

a incorporação das teorias dos pesquisadores do século XVI. Podemos mesmo falar de dois instrumentos diferentes junto ao mestre, que dispõe de um instrumento sêmico interiorizado (a perspectiva), assim como uma visão do perspectógrafo enquanto instrumento material, permitindo tanto a produção de perspectiva como a produção de conhecimentos. A relação que o mestre mantém com o instrumento passa pela pesquisa de situações, permitindo colocar em evidência os conteúdos que ele deseja transmitir, integrando assim sua engenharia didática.

O mestre vê no instrumento a teoria materializada. Mas, junto ao aluno, o olhar não é o mesmo. Para conduzir o aluno a avançar primeiramente na gênese instrumental, é preciso que ele exerça sobre o aparelho uma atividade em situação. Uma análise do tempo utilizado para desenhar as linhas da caixa, na primeira experimentação, nos autoriza a afirmar que se trata da construção de esquemas e do início do processo de gênese instrumental, junto ao aluno. O instrumento começa a adquirir sentido para o aluno. Em outra experimentação, aquela da gestão dos parâmetros, o sentido construído anteriormente é colocado em questão. O sujeito desenvolve estratégias, para resolver o problema que foi proposto. Ele age sobre o instrumento, visando a transformação na leitura da imagem da caixa. Na última experimentação ele é conduzido pelo mestre a substituir o sistema de significantes, que são ligados aos significados construídos na ação, por símbolos do domínio da geometria. O aluno começa então a construir sua relação com um instrumento sêmico.

Mas, se para o aluno a construção do sentido passa por todas estas etapas, para o mestre, o processo não é exatamente o mesmo. A relação que ele tem com o instrumento se volta para o desenvolvimento de situações didáticas, permitindo colocar em evidência as condicionantes impostas pelo conteúdo, para estimular a identificação dos invariantes operatórios necessários a conceptualização. Esta primeira parte do processo, a construção do sentido, é indispensável para que o mestre possa conduzir a Segunda, onde ele promove a *tradução* dos significados em significantes de um outro sistema. Para que seja possível a mudança de quadro, é preciso que tenha havido um início da construção do sentido no primeiro quadro utilizado. No eixo dos instrumentos encontramos novamente cada sujeito, situados nos dois extremos. É impossível para o aluno avançar na construção de seus instrumentos sem a condução do mestre, mas este último é obrigado a levar em consideração o olhar do aluno, que acaba de estabelecer um primeiro contato

com o aparelho. Isto não é evidente para o mestre, vimos na formulação da primeira prescrição (p. 108), que o mestre solicita ao aluno que desenhe mantendo o olho situado no anel, e o aluno pergunta ao mestre *onde* ele deveria desenhar. Para o mestre parecia evidente que o desenho seria feito sobre o vidro, mas para o aluno não era. Estes diferentes olhares que os sujeitos têm do instrumento devem ser sincronizados, para permitir que a comunicação seja feita em um campo compreensível, para os dois sujeitos implicados no processo.

A evolução da competência era o objeto principal de nossa análise, a partir das experimentações que foram implementadas. Utilizando o modelo SEI como instrumento, foi possível identificar a progressão na análise das atividades do aluno. Foi possível estabelecer o papel dos instrumentos na construção da competência, enquanto uma ajuda na condução da construção dos conhecimentos. Mas, se a evolução da competência do aluno é importante para este estudo, diremos o mesmo da competência do mestre para a condução do processo de engenharia didática. Nos foi possível identificar diversos pontos de defasagem, entre a representação do mestre e aquela do aluno, e a maioria deles só podendo ser superados pela intervenção do mestre. É ele o condutor de todo o processo e para executar com eficiência sua tarefa, é preciso levar em consideração a sucessão de etapas que o mesmo comporta para poder tratar cada uma de maneira apropriada, levando em conta também os níveis intermediários do processo de abstração do aluno.

# Capítulo 5

## Discussões e conclusão

### 5.1 - A construção do instrumento

A proposta de adoção da entidade instrumental ao campo da engenharia didática, requer que o mesmo seja considerado como uma entidade mista, segundo a definição de Rabardel<sup>134</sup>. As componentes que definem um estatuto instrumental foram detalhadas no segundo capítulo deste estudo. Elas comportam um elemento material e um elemento esquemático, o que nos leva a considerar que a qualificação de instrumento não corresponde à uma propriedade de um objeto material, mas à uma relação que se constrói, na medida em que se desenvolve uma ação com o mesmo.

Confirmamos estas considerações, através das experimentações realizadas para este estudo, ao observarmos as diversas dinâmicas e os diferentes tipos de mediação que ele permitia. Gostaríamos, porém, de distinguir as direções no processo de construção de um instrumento, de um lado, vindo do artefato e levando ao esquema e de outro, partindo de um esquema e encontrando um artefato. Estas duas direções podem definir diferentes histórias e mesmo uma relação distinta com a componente material em questão.

Se analisarmos a história do aparelho, que remonta ao século XVI, encontraremos as características de um processo de construção do instrumento, que tem início na definição da perspectiva e de seu conteúdo teórico. Pesquisadores como Dürer, Leonardo ou Piero della Francesca demonstravam, através de sua produção artística, conhecer e dominar as técnicas da representação gráfica. A construção das « máquinas de desenhar », às quais se refere Colmar, representam então uma forma de materialização, ou de construção, do instrumento a partir de sua componente esquemática, seguindo um caminho que vai do instrumento sêmico, tal

como o definimos na perspectiva, ao instrumento material, representado pelo perspectógrafo.

Este encaminhamento, que vai de uma relação epistêmica com a perspectiva à definição de uma relação pragmática, faz com que o aparelho incorpore, implicitamente, os conceitos e conhecimentos que participam da sua definição teórica. Confirma-se, então, a proposta de Rabardel, segundo a qual o instrumento pode ser considerado como uma modalidade de fixação externa das aquisições do sujeito, se tornando assim um meio de capitalização de experiências acumuladas. Neste sentido, ele afirma que todo instrumento é conhecimento<sup>135</sup>.

Em nossas experimentações podemos identificar este mesmo caminho, na definição de um instrumento, indo da componente esquemática à sua componente artefactual, na situação do mestre ao definir sua estratégia de ação. Ao optar pelo perspectógrafo, o mestre procura materializar os conceitos que ele dispõe, de maneira a criar um instrumento de mediação, através do qual ele possa interferir nas representações do aluno. Este tipo de opção não se restringe ao estudo aqui apresentado. Encontramos o mesmo encaminhamento em Colmez, Parzysz e Thomas, através da adoção da « janela de Dürer », no ensino da geometria do espaço, em Bautier, e o uso de uma outra forma de perspectógrafo para a dedução matemática da deformação imposta pela projeção central, em Georges e Higél e a adoção do mesmo tipo de projetor, que já tinha sido utilizado por Piaget e Inhelder, no estudo da representação do espaço na criança.

Assim como no caso deste estudo, todos os outros estudos mencionados podem ser enquadrados no campo da engenharia didática que supõe, em princípio, três fases sucessivas - a construção do sentido pelo aluno, a transformação deste sentido e finalmente o reinvestimento do mesmo sobre o problema inicial -, mas que só pode ser iniciado, uma vez feita a escolha, pelo mestre, do instrumento a ser incorporado à mesma. Nesta escolha, a construção do instrumento segue um processo de gênese instrumental, que permite à definição de um artefato, segundo critérios ligados às formulações científicas, julgado adequado a um conteúdo teórico definido. A construção de um instrumento seguindo esta direção - esquema ➤ artefato -, indica um processo de pesquisa, ligado ao mestre e ao conteúdo de

---

<sup>134</sup> Rabardel, Pierre (1995) *Les Hommes et les technologies*, opus. cit.

<sup>135</sup> Ibidem, p. 91.

um conhecimento, diferente daquele experimentado pelo aluno, quando tem início sua ação com o mesmo. Para o mestre o aparelho é uma representação material do ambiente e das ações e efeitos da projeção cônica num espaço real.

O segundo sentido possível na construção do instrumento é aquele, mais clássico, que parte de um objeto material fabricado que, ao ser inserido em um uso, se encontra na origem de construções de esquemas, permitindo assim sua gênese. A primeira fase do processo de engenharia didática, discutido por Vergnaud, consiste em permitir a construção pelo aluno de conhecimentos como ferramentas implícitas de solução em uma situação não didática<sup>136</sup>. O instrumento é então gerado em um processo de atribuição de senso como aquele descrito nas experimentações, onde o aluno descrevia o ponto de observação e indicava o anel metálico. Outros exemplos foram identificados, confirmando o processo de gênese instrumental, como o esquema do « não se pode mexer a cabeça », construído ao longo da primeira ação de produção gráfica.

Na integração do instrumento ao campo da engenharia didática, este segundo sentido de construção do mesmo, é um ponto importante na condução do processo de aprendizagem. Porém, é preciso distinguir o primeiro sentido, aqui proposto, e considerá-lo como sendo a origem da opção por este, ou aquele objeto material fabricado. A escolha do perspectógrafo neste estudo, assim como aquela da « janela de Dürer », de Colmez, Parzysz e Thomas ou de Bautier, a opção pelo projetor de Piaget e Inhelder, retomado por Georges e Higele, permite uma identificação da componente material, em uma tripla relação com os elementos do modelo das situações de ensino. Considerando o polo do saber, o artefato se insere em um processo de capitalização das aquisições conceituais acumuladas. Por esta razão, ele é considerado como adequado, como opção de materialização de uma parte dos conteúdos conceituais, que se encontram desenvolvidos junto ao polo do mestre. Por outro lado, ao considerarmos o polo aluno, o artefato se insere em um processo de atribuição de sentido, a partir da ação do mesmo, resultando em construções, que servirão à segunda fase do processo da engenharia didática na qual, segundo Vergnaud, o professor conduz um processo de institucionalização, no qual ele transforma os aspectos socialmente reconhecidos em objeto explícito. No âmbito deste estudo, este processo corresponde à mudança

---

<sup>136</sup> Vergnaud, Gérard, (1994), *Apprentissages et didactiques, où en est-on?*, Hachette, Paris, p. 79.



do sistema de significados e o reconhecimento dos elementos básicos da geometria projetiva e suas restrições.

## **5.2 - O instrumento como mediador**

Ao analisarmos a condição de mediador do perspectógrafo, enquanto artefato à vocação instrumental, em uma situação de ensino, a mediação entre sujeito e objeto, proposta no modelo SAI, se mostra eficaz mas requer uma adaptação, visto que nesta situação identifica-se três pólos distintos, aluno, mestre e o saber em questão. Em uma situação didática, em presença de três elementos distintos, torna-se possível uma tripla mediação. Neste sentido, a proposta do modelo SEI visava, e se mostrou, como uma ferramenta de análise, que poderia permitir a identificação das relações que são ativadas nas diversas situações que foram experimentadas.

Verificamos através das análises, segundo a dinâmica do modelo SEI, que o artefato material representado pelo perspectógrafo confirma sua vocação instrumental, quando inserido em diversas situações mas que as mediações que o mesmo promove, são de natureza diferente e mesmo seguindo uma história de gênese instrumental por vezes distinta. Destacamos, anteriormente neste capítulo, os dois movimentos distintos na construção do instrumento, quando o mesmo se refere ao mestre, ao saber e mesmo ao aluno. Estas diferentes maneiras de constituição da entidade instrumental indicam diferentes formas de mediação, que o mesmo pode promover. Rabardel destaca duas formas de mediação possíveis: a mediação pragmática e a mediação epistêmica.

Tanto na primeira, como na segunda experimentação, a ação com o instrumento segue uma orientação no sentido de uma mediação pragmática. Os resultados das ações dos alunos indicaram a construção de conceitos em ato, a identificação de invariantes operatórios e chegaram mesmo a confrontar o aluno à sua representação. Nos referimos especialmente, ao caso do aluno, que não conseguia « acreditar » naquilo que ele estava vendo, ao desenhar linhas convergentes que ele conhecia como sendo paralelas. Este tipo de mediação estabelece uma área comum entre o conhecimento do aluno e o conteúdo em perspectiva, ainda que ele esteja sob uma forma pragmática. De fato, a construção de uma relação pragmática com o conteúdo corresponde ao primeiro passo da engenharia didática, onde se permite que o aluno construa seus próprios esquemas, identifique o sentido

possível, e aborde individualmente o conteúdo implícito em questão. O aluno identifica a necessidade de manter o olho, ou a cabeça, imóvel durante sua ação. Ele atribui ao anel o significado de ponto de observação, ele age sobre o mesmo de modo a verificar suas previsões.

O instrumento media então uma relação entre o aluno e o conteúdo pragmático da perspectiva, assim como o fez Colmez, Parzysz e Thomas ou Bautier, ao solicitar a seus alunos a executar o desenho de um cubo esqueleto sobre a janela de Dürer. A situação de produção faz do instrumento não apenas um universo intermediário, mas também um meio de ação, através do qual o aluno interfere em um objeto, neste caso, no domínio da perspectiva. Bautier visava utilizar as construções feitas pelos alunos, na ação para a dedução matemática das deformações obtidas, de maneira a poder prever outras novas deformações. Assim, ele colocava ao lado do primeiro objeto desenhado sobre o quadro de referência, um segundo objeto e solicitava aos alunos a construção de fórmulas matemáticas, que permitissem antecipar a forma que o mesmo geraria. Esta mesma estratégia corresponde à segunda antecipação da primeira experimentação, quando a mesma solicitação de Bautier era feita aos alunos, mas as ferramentas colocadas à disposição incluíam o quadro geométrico e não o quadro matemático. Em uma primeira fase do processo de ensino da engenharia didática, a situação construída não se apresenta como uma situação didática, nem mesmo como um conteúdo específico. Esta liberação de uma situação delimitada visa a permitir ao aluno a criação de seus próprios referentes, mesmo que eles sejam implícitos em sua ação.

A segunda fase do processo de condução do ensino utiliza as construções dos alunos para proceder a uma fase de institucionalização, termo utilizado por Vergnaud. Nela o mestre conduz um processo de formalização dos aspectos ou ferramentas implícitas, que foram utilizados pelos alunos, se preocupando em concentrar-se naqueles que são pertinentes ao conteúdo que se deseja ensinar, de maneira a torná-los objetos explícitos. Esta transformação corresponde então ao início de uma relação epistêmica com o conhecimento em questão. Na terceira experimentação realizada neste estudo, a condução da mudança no sistema de significantes implicou em uma operação de explicitação das ferramentas implícitas dos alunos. A identificação do anel como ponto de observação foi operada pelos mesmos. Ao mestre coube a sua formalização ou explicitação, de maneira à que o novo objeto explicitado pudesse integrar um repertório de conhecimentos formais,

dos quais o aluno não só participou mas cuja ação se encontra em sua origem. No caso do perspectógrafo e da perspectiva, o início de uma relação epistêmica com o conteúdo faz com que se estabeleça uma fase intermediária, onde instrumento material e instrumento psicológico convivem em uma fase de transição. Isto porque, o objetivo da ação do ensino é de promover a interiorização da ferramenta gráfica, de modo à que ela integre os instrumentos psicológicos a disposição do aluno. Mas, para tanto, se recorre a um instrumento material que simula alguns de seus aspectos. Assim, será incontornável uma fase transitória onde o perspectógrafo, enquanto instrumento, mediará a relação do aluno com a perspectiva, enquanto um outro instrumento. Considerando o fato de que os dois instrumentos comportam uma componente material distinta, a relação entre seus conteúdos ou suas componentes esquemáticas mantém uma estreita similaridade. Similaridade esta que serve de base para o mestre na condução da mudança do sistema de significantes para um significado comum, o ponto de observação por exemplo.

Esta troca de significantes corresponde ao sentido dado por Douady<sup>137</sup> ao « jeux de cadres », quando uma noção matemática pode ser interpretada em um quadro geométrico ou em um quadro aritmético. Ela utiliza esta troca de *quadros* para que o aluno possa verificar a utilização de uma noção em ambientes ou situações diferentes, mas que guardam uma similaridade em termos de essência de seu conteúdo. A situação de ação com o perspectógrafo pode ser considerada como um *quadro* material, cuja similaridade com um *quadro* geométrico já foi aqui largamente discutida. Assim como em Douady, a troca de situação serve para testar as hipóteses de trabalho do aluno, segundo um ponto de vista diferente servido como estratégia para buscar uma solução. No caso dos bloqueios da segunda experimentação, quando ao regular o aparelho para obter a perspectiva desejada, o aluno não conseguia identificar a situação de redução projetiva, o recurso a um outro *quadro* foi conduzido pelo mestre, no caso à realidade externa ao aparelho: o mestre induz o aluno a se posicionar de modo a ver a parte superior de uma mesa, de forma que ela se reduza a uma reta. A mudança na situação visa a buscar uma solução, uma vez que na situação original se estabeleceu o impasse. A mesma troca de ponto de vista se encontra na condução da mudança no sistema de significantes, quando uma relação pragmática com a perspectiva, mediada pelo instrumento, fornece dados e conceitos a serem transformados, socializados ou

---

<sup>137</sup> Douady, Regine (1986), Jeux de cadres et dialectique outil-objet, in: Recherche en Didactique des Mathématiques, Vol. 7/2, La Pensée Sauvage, Grenoble.

institucionalizados, tornando-se elementos do campo da geometria e iniciando uma mediação epistêmica com este método de representação gráfica. O saber pragmático e o saber epistêmico se distinguem em termos de ponto de vista mas eles integram um mesmo campo conceptual, definido por Vergnaud, no qual os conhecimentos não podem ser fragmentados, recortados ou separados, eles integram um todo e a troca de ponto de vista, do *quadro* ou da situação, contribui na consolidação de seu domínio.

### 5.3 - As lógicas do instrumento

Ao considerarmos o perspectógrafo, em sua vocação instrumental, como um elemento integrante da dinâmica do ensino verificamos que ele implica em diversas situações diferentes, seja no sentido da ação ou mesmo naquele de sua própria construção, enquanto instrumento. Nas experimentações que foram implementadas neste estudo, destacamos o uso do aparelho enquanto meio de ação na produção de perspectiva (primeira experimentação), e na gestão dos parâmetros da mesma (segunda experimentação). Colmez, Parzysz e Thomas o utilizavam também como um meio de controle e de verificação das ações efetuadas no campo da representação geométrica, utilizando assim o *jogo de quadros* ao qual se refere Douady em seu processo de engenharia didática.

As diferentes lógicas que entram em ação, seja na programação do ensino, destacadas por Vermersch<sup>138</sup>, ou a concepção e uso dos instrumentos, indicadas inicialmente por Leplat e largamente discutida por diversos outros autores, implicam também em diferentes maneiras de interagir com o perspectógrafo. A lógica da pesquisa, mencionada no segundo capítulo, com seus objetivos quase inesgotáveis, fez com que a concepção do artefato resultasse de uma necessidade de concretização das elaborações abstratas dos pesquisadores do século XVI. A lógica didática fez com que o aparelho fosse reconhecido como um detetor de conhecimentos implícitos e assim adotado em um processo de condução da aprendizagem. Porém, os conhecimentos implícitos que o mestre identifica no aparelho correspondem à sua própria representação do conteúdo teórico, que ele deseja ver construído junto aos alunos. Já comentamos anteriormente que a construção do instrumento junto ao mestre corresponde a um processo de

---

<sup>138</sup> Vermersch, Pierre (1979) *Analyse de la tâche et fonctionnement cognitif dans la programmation de l'enseignement*, opus cit.

materialização de conteúdos conceituais já construídos. Construção esta que se opõe diametralmente àquela feita pelo aluno, implicando em uma lógica própria ao aprendizado ou à construção do sentido na ação.

A relação do aluno com o perspectógrafo, no sentido da construção de um instrumento, tem como base a situação de ação, em termos de produção e de gestão. Uma situação que foi planejada pelo mestre com o objetivo de que através dela o aluno construísse seus esquemas e participasse assim da gênese de seu próprio instrumento. Isso implica em uma lógica própria ao aluno em sua relação com o aparelho. Esta lógica de utilização considera as condições da ação e do seu objetivo, enquanto produção de perspectiva, ou de regulagem do aparelho e não permite, em um primeiro momento, que se perceba qual seria a lógica de funcionamento do mesmo. A distinção entre ambas, do ponto de vista do aluno, equivaleria ao desenvolvimento de uma representação mais aprofundada em uma relação epistêmica com o saber em perspectiva. A lógica de utilização inclui a organização das ações necessárias para atingir o objetivo traçado pelo mestre, a gênese do instrumento pode então se efetivar. A lógica do funcionamento se refere à compreensão das razões que levam ao tipo de transformação que é obtido e à possibilidade de prever seus efeitos, de maneira a considerar os usos aos quais o instrumento pode ser implicado. Neste caso, supõe-se a compreensão do processo projetivo que entra em jogo na ação de forma implícita.

Nas situações de bloqueio encontradas por Colmez, Parzysz e Thomas em seu processo de condução da aprendizagem, o aparelho era utilizado como forma de controle, ou como verificação das antecipações feitas. Entra em ação então uma lógica ligada ao funcionamento do aparelho, enquanto instrumento simulador e da perspectiva, enquanto instrumento de representação gráfica. Para que o alunos façam a opção de voltar ao aparelho, mudando assim o *quadro* de análise, para uma verificação ou mesmo para a busca de uma resposta, considera-se que o mesmo adquiriu o estatuto de prova, de instrumento de simulação, no qual podem ser operadas as transformações e cujas respostas irão permitir a evolução da análise no *quadro* geométrico, onde se apresentava o bloqueio. Neste caso, o instrumento material entra em ação, a partir de uma opção do aluno, que recorre ao mesmo com a certeza de obter uma resposta que lhe permitira evoluir em uma outra situação, no caso, aquela da representação gráfica. Esta resposta que busca o aluno na ação com o instrumento, refere-se principalmente à uma lógica de

funcionamento do mesmo, implicando em uma relação epistêmica com o conhecimento em construção.

Neste mesmo sentido o perspectógrafo serviu, neste estudo, de « argumento de prova » para as previsões de um aluno quanto à transformação do objeto observado, quando da mudança do ponto de vista. O recurso ao instrumento, proposto pelo mestre, corresponde a um recurso à verificação, supondo que o aparelho já tenha adquirido o estatuto de instrumento de controle. Este estatuto, no entanto, não constitui um pressuposto do aparelho. Ele é construído na ação, e mesmo nela, ele pode ser questionado, na medida em que a resistência de certas representações do aluno sejam difíceis de serem ultrapassadas. Podemos retomar aqui o caso de Van, cuja verbalização foi destacada na primeira experimentação. Ao executar seu desenho, ela não conseguia assimilar as informações obtidas como sendo viáveis. A ação com o aparelho fazia com que a representação de duas linhas paralelas fosse feita através de linhas convergentes. Van não considerava que esta transformação fosse possível e decidiu questionar o resultado obtido, ao invés de recusar o conteúdo de sua própria representação. Para ela, neste momento o aparelho não havia ainda adquirido o estatuto de prova, ela não havia ainda identificado os elementos de sua lógica de funcionamento.

O instrumento integrou não só as atividades de ação, mas ele estava também presente em uma aula expositiva, e neste caso, seu estatuto tende ao de meio de ilustração. Neste caso, ele não é utilizado como um meio de produção de desenho, mas como uma referência no processo de institucionalização conduzido pelo mestre. Para identificarmos sua vocação instrumental, nesta situação, devemos considerar que tanto o aluno como o mestre, em suas relações individuais com o aparelho, passaram por uma fase onde foi possível, de um lado, a construção do sentido e de outro, a interpretação material do conceito já existente. Na situação de condução do processo de mudança do sistema de significantes o mestre provoca uma mudança de *quadro*, passando para o meio de expressão gráfico e seus códigos particulares. O sentido que o aluno construiu em sua ação com o instrumento é assim transportado para um outro modo de expressão. O elemento real serve então de referência para as construções em um segundo modo, ou *quadro*. Esta relação entre os modos de expressão e as possibilidades em termos de condução didática corresponde às estratégias adotadas por Piaget e Inhelder ou por Georges e Higele ao optarem pelo projetor para analisar a construção da

representação do espaço. O instrumento de ilustração, no caso um projetor e uma tela, não só fornecem as informações necessárias para definir a situação problema, mas servem também como instrumento de verificação e controle dos resultados ou das antecipações feitas pelo aluno, ainda que seja exigido dos mesmo uma abstração quanto aos raios luminosos, que no projetor são convergentes e no conteúdo teórico abordado são paralelos. Assim, a limitação material do aparelho escolhido para materializar o conteúdo, tenta ser superada através de uma convenção preestabelecida de que os raios de projeção devem ser considerados paralelos.

O instrumento define assim a situação sobre a qual o aluno deve trabalhar. Os elementos materiais do mesmo adquirem um sentido suplementar que aquele do aspecto tecnológico. As ações do aluno se passam, porém, unicamente no campo abstrato, retornando ao instrumento material unicamente para a verificação, ou para a resolução de um impasse. A mudança do campo de ação, ou do quadro, se mostra útil sempre que o aluno se encontra em situação de impasse em um dos campos e um outro campo se mostra mais simples, para a busca de uma solução. O jogo requer, porém, que esta solução, encontrada ou identificada em um segundo *quadro*, seja transferida, traduzida ou interpretada no *quadro* onde se apresentava o impasse. A ação em um dos *quadros* implica então na modificação na representação do aluno em um outro. E desta forma o aluno se mantém ativo em sua pesquisa, podendo avançar em sua busca de uma solução, contando unicamente com a condução do mestre, e não com sua intervenção, em termos de trazer a solução para o impasse.

As características dos campos onde podem ser interpretados os problemas e onde o aluno pode alternar sua busca de solução, indicam a complementaridade e as especificidades de cada um deles. Em um dos exemplos fornecidos por Douady, o problema é resolvido utilizando um *quadro* numérico, um *quadro* gráfico e um *quadro* algébrico. A mudança de *quadro* se faz na medida em que se torna mais fácil buscar um resultado em um outro *quadro*. Assim, verificamos que cada campo comporta operações consideradas mais simples, complementando assim um outro campo. Para a definição dos lados de um retângulo, o campo geométrico permite uma melhor visualização, mas para o cálculo de sua área o *quadro* numérico se mostra mais adaptado. No caso do estudo do desenho técnico, conduzido por Georges e Higele, o campo geométrico guarda uma relação com o campo material,

representado pelo projetor e pela tela. As respostas obtidas neste último levarão à uma recondução da solução no primeiro. A velocidade de obtenção de uma resposta no campo material é uma característica que faz com que o recurso a este *quadro* se aplique à verificação.

Em nosso estudo o *jogo de quadros* só pode ter início à medida em que se estabelece a relação epistêmica, com a perspectiva em termos de representação gráfica. Este segundo campo de ação em perspectiva se complementa ao primeiro, no sentido da construção do instrumento interiorizado. Na terceira experimentação, ao utilizar o instrumento na gestão do ensino, pudemos verificar a relação entre os dois instrumentos e seus campos específicos. Ao solicitarmos a um aluno a antecipação da transformação do objeto, quando da modificação do ponto de vista, ele formula então uma previsão, se baseando nos conteúdos abstratos de sua representação do problema. A mudança do *quadro* se mostra útil, então, para uma ação em termos de verificação. O aluno age sobre o instrumento de forma a testar sua resposta e de, em caso de insucesso, modificar o conteúdo da mesma. O mesmo recurso era também utilizado por Colmez, Parzysz e Thomas, em sua pesquisa. Sempre que os seus alunos se encontravam em situação de impasse ou bloqueio, no *quadro* geométrico, eles eram convidados a modificar o *quadro* para obter mais facilmente a resposta, e em seguida, retornar ao *quadro* inicial e prosseguir na resolução do problema.

Para que este tipo de jogo seja possível é preciso, porém, que se estabeleça uma relação entre um *quadro* teórico/abstrato e um *quadro* pragmático/concreto, de forma a que ambos se complementem. E neste caso, voltamos ao conteúdo do primeiro item deste capítulo, quando comentamos sobre a forma de construção dos instrumentos em termos de materialização de um saber específico. Esta relação pode permitir uma evolução de uma conceptualização pragmática dos conceitos em questão à uma conceptualização epistêmica dos mesmos. O jogo de quadros se torna então uma complementaridade entre o pragmático e o epistêmico, mostrando que, apesar de relações diferentes, elas são interdependentes, contribuindo para a efetiva relação do aluno com o conhecimento sob diferentes formas.

#### **5.4 - O papel do instrumento na engenharia didática**



O estudo que conduzimos visava principalmente a estabelecer o papel dos instrumentos em um processo de ensino e seus efeitos nas estruturas da competência. Para tanto, analisamos a constituição histórica do instrumento, os processos de gênese que podem dar origem ao mesmo e as relações que ele pode estabelecer com os elementos de uma situação de ensino. No entanto, na dinâmica do ensino é preciso distinguir as diferentes fases evolutivas, que podem explicar como o instrumento interfere, de maneira a contribuir para a construção do conhecimento. As três experimentações que foram apresentadas representam uma abordagem evolutiva da incorporação do instrumento à dinâmica do ensino. Na primeira e na segunda experimentação os alunos são expostos à uma ação direta com o instrumento, que media uma relação com o conhecimento em perspectiva, seja ele sob a forma de produção gráfica, ou de ação sobre os parâmetros da mesma. Na terceira experimentação, o instrumento participa na gestão da transformação de seu sistema de significantes, que conduz à definição de um segundo *quadro* de análise do conteúdo.

A ordem das experimentações não representa um acaso de uma metodologia de pesquisa, mas a implementação das etapas de um processo de engenharia didática, ao qual o instrumento foi incorporado. Ela foi decidida em uma análise prévia de concepção, tendo como base um quadro teórico geral e os conhecimentos didáticos, já adquiridos no domínio em questão<sup>139</sup>, incorporando as potencialidades da teoria da atividade com instrumentos. Assim, nas duas primeiras experimentações, foi possível identificar a construção de esquemas de uso e de conceitos em ato, através da atividade imposta pelo instrumento, que apresentam uma similaridade conceptual com o conteúdo epistêmico da perspectiva, enquanto método de expressão gráfica. O processo de gênese instrumental foi estimulado pela condução do mestre às situações propícias à construção do sentido, para certas partes do aparelho. Esta fase de construção do sentido é determinante de toda a evolução do processo. Douady a considera como a primeira etapa de um processo da dialética entre ferramenta-objeto. Podemos considerar aqui que a terminologia de ferramenta, empregada por Douady, pode também ser interpretada como um instrumento, na medida em que ela estabelece como objetivo de seu processo a explicitação da mesma, de forma a que ela seja reinvestida sobre o próprio aluno, se tornando uma ferramenta para obter uma solução. Os

---

<sup>139</sup> Artigue, Michèle (1990) Ingénierie Didactique, in: Recherche en Didactique des Mathématiques, vol.9/3, La Pensée Sauvage, Grenoble.

conhecimentos construídos são considerados então como instrumentos de ação, na solução de novos problemas. Colmez, Parzysz e Thomas também se referem às elaborações construídas a partir dos problemas propostos (regras da geometria do espaço), como ferramentas que se tornaram objeto de estudo, sendo assim institucionalizados<sup>140</sup>. O processo de institucionalização corresponde então, à explicitação dos invariantes identificados na ação do aluno e a sua *tradução*, em um novo *quadro* de análise, através da mudança do sistema de significantes para o sentido construído.

Na construção deste sentido se define um dos *quadros* de análise do conteúdo, objeto da ação didática. Em Colmez, Parzysz e Thomas, a primeira ação dos alunos consiste na produção de um desenho com a ajuda do aparelho. Esta primeira etapa é a mesma em Bautier, assim como em nosso estudo. Na ação com o aparelho a atividade que o mesmo impõe leva o sujeito às construções de sentido, necessária à evolução do processo. Bautier utiliza as produções gráficas para introduzir um *quadro* de análise matemático, partindo para a busca da identificação de invariantes, a serem expressos por fórmulas matemáticas. Colmez, Parzysz e Thomas introduzem ao *quadro* material um *quadro* geométrico, no qual eles conduzem a construção de um novo instrumento. O retorno ao *quadro* material é constantemente estimulado, sempre que ele se mostre mais adaptado para a resolução de um problema particular, que se mostrou de difícil apreensão no *quadro* geométrico.

A mudança do sistema de significantes, conduzida pelo mestre, representa então a definição do segundo *quadro*. O sentido, construído na ação e vinculado a uma componente material do aparelho, passa a ser associado a um outro significante do novo *quadro*, que o mestre deseja introduzir. O instrumento que foi construído na ação, pela atribuição de um sentido a certas partes do artefato, serve então de base para a condução da transformação do sistema de significantes. Um novo instrumento se constrói no segundo *quadro* apresentado. Desta vez, sua geração é feita pela atribuição de um significante ao significado, já construído no instrumento material. Assim, o ponto de observação, que no campo real é o vértice de um cone óptico, é um significado construído que será representado, no instrumento material, pelo significante anel metálico. Este mesmo significado pode ser associado, desta

---

<sup>140</sup> Colmez, F., Parzysz, B., Thomas, C., (1992), Enseignement de la géométrie dans l'espace en BTS d'arts appliqués, opus. cit.

vez, não pela ação direta com um instrumento, mas pela condução do mestre, a um significativo arbitrado, mas socialmente aceito, como é o caso do ponto materializado pela cruz.

Assim, o aluno é conduzido ao segundo ponto de vista, ao segundo *quadro* de análise e a construir um segundo instrumento. O aparelho e os códigos do sistema gráfico encontram algumas similaridades, em termos da relação entre significativo e significado. Assim, a construção do sentido feita no campo material, através do processo de gênese instrumental, constitui o elemento estável, na transformação do *quadro* de análise. Tanto o sentido, como o elemento real, que ambos os significantes representam, são os mesmos. É esta similaridade que permite que sejam realizados os *jogos de quadros*, de maneira a explorar cada um dos instrumentos, segundo suas potencialidades. Colmez, Parzysz e Thomas utilizam mesmo um terceiro *quadro*, além da janela de Dürer e da geometria, fazendo um paralelo entre ponto de vista e o diafragma da fotografia, entre o plano do quadro e o filme, entre a distância ao quadro e a distância focal.

A adoção do artefato, que incorporado em uma ação adquire o estatuto de instrumento, representa então um acesso aberto ao aluno para o domínio do saber que se deseja inserí-lo. A abordagem é feita de maneira a atingí-lo em sua representação fornecendo, em um primeiro nível, a possibilidade de executar uma ação com sucesso. O instrumento permite assim a criação de uma área de interação entre mestre e aluno, a atribuição de uma significação a seus elementos materiais, que servirá como ligação ao processo de definição de novas situações ou de novos *quadros*, e finalmente, a definição de um campo de discussão acessível a ambos. Se confirma assim a vocação do instrumento à mediação, tal como ele foi definido inicialmente por Vygotsky. Ele pode contribuir na busca da sincronização, necessária para que o diálogo entre mestre e aluno possa encontrar um mesmo referente. Verificamos na terceira experimentação, em diversas ocasiões, que as defasagens entre a representação do mestre e aquela do aluno, se encontravam na origem de diferentes interpretações de um mesmo conteúdo. Assim, o aluno falava em retas que se afastam e o mestre esperava entender retas perpendiculares, o aluno define retas que mantêm a mesma distância e o mestre as vê como paralelas. A situação onde estas defasagens foram identificadas tinha como referente o instrumento e assim ele representava um domínio acessível a ambos, mestre e aluno, a partir do qual poder-se-ia identificar, e assim superar, a

defasagem entre as duas representações. Assim, antes de conduzir o aluno a um domínio com o qual ele apresenta pouca ou quase nenhuma intimidade, o mestre o apresenta a uma situação material, na qual o aluno pode encontrar as referências necessárias, permitindo que ele seja conduzido a um segundo e mesmo a um terceiro *quadro* de análise do conteúdo, no qual se pretende que ele construa seu conhecimento. O primeiro *quadro*, aquele onde o instrumento foi gerado, e no caso do perspectógrafo, simula os efeitos projetivos em termos materiais, funciona então como campo de prova, como referência em termos de verificação, sempre que alguma dúvida persista na utilização do instrumento de representação gráfica. Para Colmez, Parzysz e Thomas, esta reversibilidade, entre o espaço gráfico e o espaço real, permite conferir um sentido às principais noções da perspectiva (ponto de fuga, ponto de distância, linha do horizonte), fazendo com que a realização de um desenho não se reduza à aplicação de regras fixas, mais ou menos arbitrárias e quase « mágicas »<sup>141</sup>. Esta observação nos envia à questão dos conhecimentos técnicos, que podem ser utilizados sem mesmo serem compreendidos, sendo resumidos à utilização em uma classe limitada de situações, nos levando a questionar o ensino, que é julgado através da simples resolução de problemas e não a partir da compreensão de sua solução. O aprendizado de uma regra, em termos de sua formulação e aplicação, sem a construção de um sentido que justifique sua origem e sua aplicabilidade, pode se tornar enganoso ou limitado. Neste sentido, a opção pela condução do aprendizado, a partir da construção do sentido seguido pela sua institucionalização, pode oferecer uma outra abordagem, que vem sendo explorada no processo da engenharia didática na qual as construções dos alunos se encontram na origem do encaminhamento didático. Para tanto, a introdução de aparelhos com vocação instrumental pode representar um meio, enquanto forma de construir o sentido necessário à inicialização do processo.

## 5.5 - O mestre como condutor do processo

Quando do aparecimento das teorias de epistemologia genética de Piaget que, ao estudar a construção do conhecimento junto à criança, preconizava que o aprendizado é um processo individual interno ao sujeito, a interpretação do papel do mestre passou a ser largamente questionada. Ainda que o ensino não tenha sido objeto de seus estudos epistemológicos, seu questionamento representa uma consequência lógica. As relações entre o ensino e a aprendizagem puderam ser

---

<sup>141</sup> Ibidem.

reavaliadas, a partir do momento em que se aprofunda o conhecimento sobre o processo de construção da representação junto à criança. As questões se voltavam ao fato de que se o aprendizado é individual ao sujeito como seria possível a efetivação de um ensino. Neste sentido, centrou-se o estudo da construção do conhecimento na figura do sujeito individual, nem mesmo na figura do aluno exposto ao ambiente escolar, levando a um afastamento das questões referentes ao mestre dentro do processo.

Ao levantar estas questões, não se pretende criticar as teorias de epistemologia genética, que foram mesmo adotadas como uma das bases teóricas deste estudo. As noções de equilíbrio da estrutura do conhecimento e os esforços para a reequilibração, que se seguem ao advento de uma perturbação a este equilíbrio, não estão sendo aqui questionadas, pelo contrário elas são adotadas como guia para a compreensão do processo. Não pretendemos questionar nem mesmo a idéia de que este processo é realmente individual e interno ao sujeito, mas propomos que o mesmo seja considerado como um processo que pode ser guiado, a partir de uma interferência externa, e neste caso, através da condução do mestre. De fato, a tomada de consciência dos mecanismos identificados nas teorias de Piaget é um ponto fundamental para que se estabeleça algumas regras de ação, que permitirão a interferência no mesmo. Para tanto, será preciso que se considere o ambiente didático como dinâmico, ou seja, um ambiente que forma uma classe de situação abrangente, que evolui no tempo através de uma dinâmica própria, na qual as sucessões de estados não podem ser tratadas como uma sucessão organizada de transformações<sup>142</sup>. Assim, o mestre pode pensar em conceber uma situação de forma a estimular um bloqueio, ou uma ruptura, no equilíbrio das estruturas do conhecimento do aluno e o mesmo não ocorrer, ou mesmo, se ver obrigado a tratar noções que não haviam sido previstas mas que se tornam necessárias para a continuidade de um processo de reequilibração.

Enfim, tanto para a construção de situações didáticas, como para a gestão da evolução das mesmas, as orientações da epistemologia genética são fundamentais para o mestre. Para que ele possa assumir o papel de condutor do processo de aprendizagem é preciso que ele conheça o mecanismo de seu funcionamento, de maneira a poder estimular um desequilíbrio como fonte da busca de um novo

---

<sup>142</sup> Rogalsky, J., Samurçay, R. (1993), Représentations de référence: outils pour le contrôle d'environnements dynamiques, in: Représentation pour l'action, Octares, Toulouse.

conhecimento, para o qual ele pode fornecer elementos. A idéia dos objetivos obstáculos de Martinand tem como origem a identificação de obstáculos, que determinam os objetivos a serem atingidos, através de sua superação. No caso de nosso estudo, identificamos algumas situações onde os alunos se viram face à um obstáculo: Van que não acreditava ser possível representar paralelas através de linhas convergentes; Luc que esperava poder ver o lado esquerdo da caixa assim que ela deixasse de ver o lado direito e, finalmente, os inúmeros bloqueios na regulação dos parâmetros perspectivados provocados pela redução projetiva de uma das superfícies da caixa. Em ambas as situações, a estrutura da representação dos alunos sofreu uma instabilidade, no primeiro caso, o obstáculo era um conhecimento estável, que resistia às modificações, e para que ele fosse rejeitado o aluno necessitaria de uma nova confirmação, confirmação esta que ela foi procurar junto ao mestre, avançando assim em sua ação. No segundo caso, o aluno identifica, em uma ação com o instrumento, a ineficiência de suas previsões, ao mesmo tempo em que ele as corrige, a partir da identificação de novos invariantes, que se tornam pertinentes para a ação. O mestre conduz assim o aluno a uma ação com o instrumento, na qual ele considera seja possível identificar os novos invariantes. Assim, o mestre conduz o aluno a efetuar, por seus próprios meios, uma correção no desequilíbrio identificado.

No caso dos bloqueios da segunda experimentação, o mestre assume novamente o papel de condutor do processo, na medida em que ele não faz a opção pela resposta simples e direta ao problema identificado pelo aluno. Neste caso, este último se deixa conduzir pelo primeiro em uma busca de um *quadro*, que o permita primeiramente reconhecer a redução projetiva, para em seguida validar uma situação, que poderia dar origem à mesma, estendendo então sua validade para a situação de regulação do aparelho. Nos diversos casos de bloqueio, na segunda experimentação os alunos encontravam a solução, mas para tanto, eles eram conduzidos pelo mestre. Assim, eles participam de maneira ativa à elaboração de seu conhecimento, como nos indicam Georges e Higele, que mantém como objetivo de seus princípios pedagógicos o da aquisição de um método de raciocínio e não de conhecimentos<sup>143</sup>. Ele visa assim provocar a aprendizagem de uma *forma de obtenção da solução*, ao invés de se centrar sobre a resposta correta pois, segundo ele, é preciso distinguir, no processo de obtenção da mesma, um raciocínio efetivo de uma aplicação pura e simples de uma receita memorizada.

---

<sup>143</sup> Georges, Y. e Higele, P. (1990) *Ateliers de dessin technique*, opus. cit., p. 75.

Para interferir no processo, o mestre deve então ser capaz de tratar os *erros* que ele identifica, através das verbalizações ou das produções gráficas, de modo a identificar sua origem, para então poder estabelecer uma estratégia para abordá-lo. As respostas dos alunos à existência ou não de linhas inclinadas no objeto, se revelam falsas, devido à compreensão da situação, objeto representado ou objeto real. As referências às linhas *que mantém a mesma distância* para designar linhas paralelas, revela um vocabulário específico não desenvolvido, ou simplesmente não ativado. A gerência destes tipos de erros leva o mestre à decisão por uma ou outra estratégia de condução, no primeiro caso é preciso explicitar uma distinção entre os espaços do objeto, no segundo é preciso reativar o vocabulário adequado. No caso das falsas previsões de Luc, a ação com o instrumento se mostra suficiente para corrigir as suas representações, no caso dos bloqueio ela exige uma condução mais contundente.

Vimos assim algumas das estratégias que podem ser utilizadas pelo mestre, na medida em que ele se encontra em situações específicas, dentro do ambiente dinâmico da condução didática: a elaboração de situações e a identificação de objetivos obstáculos; a forma de exposição dos alunos a estes obstáculos, sejam eles abordados através do instrumento ou não; a forma de conduzir os alunos a superar estes obstáculos e avançar assim na compreensão do conteúdo abordado; a condução à construção de dois ou mais quadros de análise para abordar o conteúdo, etc. Todos estes fatores e ações, externos ao aluno, interferem de forma decisiva no processo interno e individual de construção do conhecimento e da compreensão, eles entram em ação sob a forma de condução do processo, tendo o mestre como condutor.

## **5.6 - Um olhar sobre a competência**

Para que se possa abordar algumas das dimensões da competência, naquilo que se refere às situações didáticas, deve-se levar em conta a distinção do sujeito da competência. Uma vez que uma situação de ensino comporta ao menos dois sujeitos, é possível identificar duas competências diferentes, assim, são diferentes os papéis, os objetivos, as lógicas e os instrumentos de cada um destes sujeitos. Destacamos parcialmente esta distinção ao discutirmos as atividades do mestre e as estruturas da competência (p.213). Observamos então, os movimentos

diametralmente opostos que correspondiam à busca da sincronização, entre a competência do mestre e aquela que o aluno deve construir, utilizando como base o modelo Compety. O mestre busca então uma referência, para reduzir seu nível de abstração do conteúdo ensinado, de forma a poder atingir o aluno que, por sua vez, busca uma porta de entrada concreta, que o permita introduzir-se no campo da abstração.

Ao definirmos o mestre como um ator da gestão e da condução do processo de aprendizagem, define-se implicitamente algumas das competências que ele deve desenvolver para efetuar sua tarefa. As questões abordadas neste estudo nos levam a considerar a competência para a identificação, no domínio do saber objeto do ensino, de uma área de entrada, abordável pelo aluno, através da qual serão dados os primeiros passos, no sentido da construção do sentido. No processo de engenharia didática, pelo qual fizemos a opção, esta área de acesso é materializada pelo primeiro *quadro* de análise, construído através da introdução do perspectógrafo, enquanto instrumento, que passou por um processo de capitalização dos conteúdos do saber. Uma outra competência implicada no processo é aquela da concepção das situações de ação, a serem propostas aos alunos, de forma a estimular a construção de esquemas pertinentes ao aprendido e a identificação de invariantes operatórios, que ao serem explicitados, podem se tornar um novo instrumento à disposição do aluno, para o tratamento de novas situações. A geração de bloqueios, ou de impasses, pode representar uma estratégia útil para o progresso desta fase do processo da engenharia didática, mas ela implicará em outras competências para a identificação de suas origens e para a condução do aluno à sua superação.

Finalmente, entre as várias competências do mestre que podem ser evocadas, destacamos aquela da condução da mudança do sistema de significantes, definida por Douady, como um processo de institucionalização. Neste processo, entra em cena a capacidade de múltipla expressão que permite a condução à tomada de consciência das diversas óticas de abordagem de um mesmo conteúdo, alargando assim a validade do mesmo a novas classes de situação. Considerando esta competência como sendo do mestre, não se pode porém afastar aquela do aluno que construiu o sentido na sua ação em um primeiro *quadro* e que deve ser capaz de reconhecê-lo, em um segundo, construído a partir da condução do mestre. Cabe porém a este último, a capacidade de identificar os conceitos em ato, não



verbalizáveis, os invariantes operatórios da ação e os esquemas construídos, e que não foram explicitados, de forma a estabelecer a similaridade necessária com o segundo *quadro*, que se deseja construir, para que eles venham a ser explicitados, se tornando assim a origem possível de novos instrumentos para o aluno. Desta forma, o mestre estabelece uma vinculação entre os aspectos pragmáticos identificados pelos alunos e os conteúdos teóricos, ou epistêmicos, que ele deseja explicitar. O primeiro funcionando como acesso ao segundo, nos permite verificar a forma como os aspectos concretos podem permitir a evolução ao processo de abstração, necessários à aprendizagem. O mestre faz então a opção pelo uso do instrumento como uma forma de oferecer ao aluno um universo concreto e conhecido, que o permitirá a construção de estruturas a partir das quais, ele será conduzido à sua transformação, podendo assim, ascender à novas dimensões, até então não disponíveis em sua representação.

A fase de institucionalização ou de construção do segundo quadro, de tradução de sistema de significantes ou de explicitação, representa então um momento chave e central. Ela é o núcleo de todo o processo da engenharia didática e implica assim na competência de ambos os atores da situação. Se na fase da construção do sentido, o mestre, de um lado, concebe o instrumento e a situação de ação à qual o aluno será exposto, este último, de um outro lado, executa sua ação, desenvolvendo assim suas estruturas de conhecimento. Em ambas as situações, os atores se encontram isolados, ainda que a presença de um seja sempre uma evocação na ação do outro. Na fase de condução da mudança do sistema de significantes os atores estão em interação. O mestre conduz e o aluno se deixa conduzir, o aluno constrói o sentido e o mestre explicita o mesmo, propondo também sua tradução, o mestre leva a construção de um novo quadro e o aluno estende assim suas classes de situação, seguindo um processo de generalização e de abstração, das condições específicas da situação particular. Assim, podemos estabelecer os indícios de um processo de construção de competência junto ao aluno, destacando porém, seu aspecto germinal.

Em uma avaliação da construção da competência do aluno, em um processo de ensino/aprendizagem, é preciso considerar também a terceira fase do processo da engenharia didática, quando os objetos explicitados anteriormente passam por um processo de reinvestimento do aluno, sendo aplicado a novas situações, desta vez, adquirindo o estatuto de instrumento. A observância deste aspecto requer porém

um acompanhamento freqüente e prolongado. Ele corresponde, em nosso estudo, à gênese do novo instrumento, sêmico e interiorizado, da perspectiva, enquanto técnica de representação. Sua geração, a partir do sentido construído na ação com o perspectógrafo, foi explicitada através da terceira experimentação e da mudança do sistema de significantes. Porém, a identificação do desenvolvimento de competência junto ao aluno para o uso deste novo instrumento, na resolução de novas situações, requer outras experimentações, implicando em um longo processo de condução.

Quando um professor identifica um conjunto de dificuldades por parte do aluno no aprendizado de um conteúdo, como é o caso da geometria projetiva, diagnosticado por inúmeros trabalhos, ele deve procurar investigar suas origens, explorar outras estratégias, de forma a permitir ao aluno novas alternativas para a continuação de seu aprendizado. O processo de engenharia didática, com uma opção pelo trabalho, com a simulação do espaço, permitido pelo perspectógrafo, através da concepção de situações de ação em perspectiva e da condução da construção de novos quadros de análise, nos parece uma alternativa para um processo de ensino, onde os conhecimentos são deliberadamente apresentados, sob a forma de seus invariantes operatórios, para serem associados a um sistema de significantes e inseridos em uma situação. Obtêm-se assim, de forma intencional, a definição de um conceito, em suas três dimensões: invariante, significante e situação. Na proposta que investigamos, a entrada para o processo de conceptualização é feita pela situação, mais precisamente pela situação instrumental, onde os invariantes são identificados e construídos pelos alunos, sujeitos às condicionantes do aparelho e sob a condução do mestre. No âmbito deste trabalho apenas as noções básicas da projeção central foram abordadas, fazendo com que a definição da perspectiva, como um instrumento, nos revelasse seus primeiros passos.

A contribuição desta estratégia, para a efetivação de uma competência do aluno, para o trabalho no espaço projetivo das representações gráficas, requer porém, a continuidade desta pesquisa. Para tanto, deve-se dedicar à implementação da terceira fase do processo de engenharia didática, de modo a conduzir os alunos ao reconhecimento de seus novos instrumentos e o recurso aos mesmos, em novas classes de situações, buscando a definição de um domínio de ação. Para tanto, deve-se prever uma seqüência de ações didáticas, que aprofundem as questões conceituais e metodológicas da técnica da perspectiva, investigando as relações

entre os quadros de análise estabelecidos e a forma como eles podem contribuir para a flexibilidade do aluno, enquanto elaborador de seu próprio conhecimento e de sua competência, utilizando a condução do mestre como orientação.

ROSA, Silvana Bernardes. **A integração do instrumento ao campo da engenharia didática – o caso do perspectógrafo**. Florianópolis, 1998. 366p. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientadora: Leila Amaral Gontijo

Defesa: 17/06/98

O objeto desta pesquisa é o estudo dos processos de construção de conhecimento, em situação de ensino, de conteúdos ligados ao campo da representação gráfica. Considerando a hipótese de conduzir um aprendizado baseado na ação do sujeito sobre o conteúdo a ensinar, optou-se pela construção de um aparelho que permitisse a grafia de perspectivas, chamado neste trabalho de perspectógrafo. Este aparelho é analisado sob o ponto de vista instrumental de modo a que seja estabelecido seu papel em um processo de condução da construção de conhecimentos assim como sua contribuição para o desenvolvimento de competência. Sua análise se baseia em três óticas principais: a ótica do instrumento, da construção do conhecimento e da didática. Os resultados são avaliados do ponto de vista do modelo de Situações de Ensino Instrumentada - SEI, que analisa as situações didáticas nas quais foram introduzidos os instrumentos. Foram analisadas as ações de produção de representação gráfica, de gestão de parâmetros da perspectiva e de gestão do processo de ensino. Na evolução do processo de engenharia didática, que incorpora um instrumento de simulação, destacam-se diferentes fases de construção do sentido: a ação, de tomada de consciência ou de institucionalização e a mudança do sistema de significantes ou o jogo de quadros. Todas as fases são conduzidas pelo mestre e tem como objeto o conhecimento do aluno.

Palavras – Chave: Atividade com instrumento; Aprendizagem; Engenharia didática

### **L'intégration de l'instrument dans le domaine de l'ingénierie didactique - le cas du perspectographe**

Resumé:

L'objet de cette recherche est l'étude des processus de construction de connaissances liés au champ de la représentation graphique dans des situations d'enseignement. Plusieurs études, aussi bien en psychologie qu'en didactique ont identifié les échecs des élèves dans la maîtrise de l'espace projectif démontrant ainsi l'utilité d'une intervention dans le champ de l'action didactique. Partant de l'hypothèse d'un apprentissage fondé sur l'action du sujet sur le contenu enseigné, nous avons choisi l'option de construire un appareil conçu au XVI<sup>e</sup> siècle nommée perspectographe. Ce perspectographe permet la construction des graphismes de perspective. Cet appareil est introduit dans une situation d'enseignement où il est évalué selon l'approche instrumentale. L'objectif était d'établir le rôle du perspectographe dans le processus de conduction de la construction des connaissances et de mettre en évidence sa contribution au

développement de compétence dans le domaine de la résolution de problèmes. Selon cette perspective, nous analysons le perspectographe sous trois optiques principales: l'optique de l'instrument, celle de la construction des connaissances et celle de la didactique, en particulier dans le champ de l'ingénierie didactique. Les résultats sont analysés à travers le modèle de Situation d'Enseignement Instrumenté - SEI, qui analyse les situations didactiques où l'on introduit des situations instrumentées. Nous avons évalué trois types d'activités, selon un approche centrée sur la construction de la connaissance et de l'évolution de la compétence: des actions de production d'une représentation graphique, de gestion des paramètres de la perspective et la gestion du processus d'enseignement lui même. Dans l'évolution du processus d'ingénierie didactique, qui incorpore un instrument de simulation, il a été mis en évidence des différentes phases de construction du sens: l'action, la prise de conscience ou l'institutionnalisation et le changement du système de signifiants ou le jeu de cadres. Tous les phases étant conduites par le maître ont pour objet la connaissance de l'élève.

## Bibliografia

- ABOUT, Pierre-José. **Kant, traité de pédagogie**. Paris: Hachette, 1981;
- AMALBERTI, DE MONTMOLLIN e THEUREAU. **Modèles en analyse du travail**, Liège: Mardago, 1991;
- AMORIM, Michel-Ange, LEONE, Gilles. Modèles mentaux et rotation mentale d'objets visuels. In: Colloque des enseignantes des disciplines technologies de l'île de France (1.: 1994: Paris). Anais. Paris. 1994;
- ARSAC, Gilbert. L'évolution d'une théorie en didactique: l'exemple de la transposition didactique. In: RECHERCHE EN DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES. Grenoble: La pensée Sauvage, Vol 12. n1, 1992;
- ARTIGUE, M. Epistémologie et didactique. In: RECHERCHE EN DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES. Grenoble: La pensée Sauvage, Vol 10, n2.3, 1991;
- ASTOLFI, J.P. DEVELAY, M. **La didactique des sciences**. Collection Que sais-je? n. 2448, Paris: PUF, 1989;
- AUDIBERT, Gérard. L'espace en Géométrie. In: TOPOLOGIE STRUCTURALE, Montreal, n. 18, 1992;
- BALDY, René, CHATILLON, Jean-François, CADOPPI, Marielle. Dessin plan, dessin en Perspective: Étude des effets de transfert chez des adultes débutants. In: BESSOT, Annie, VERILLON, Pierre. **Espaces Graphiques et Graphismes d'espaces**, Grenoble: La Pensée Sauvage, 1993;
- BARACS, Janos J. Le développement de la perception spatiale à l'aide des projections. Montreal. In: TOPOLOGIE STRUCTURALE, n. 18, 1992;
- BARRA, Raymond e BRAUNS, Eric. Quelques remarques sur les nouveaux postulats en pédagogie...In: REPÈRES Pont à Mousson:Topiques Éditions n. 7, Avril, 1992;
- BAUTIER, Thierry. Analyse des fonctions des instruments graphiques dans les pratiques de conception architecturale; contribution a une didactique des graphismes d'espaces. In: BESSOT, Annie, VERILLON, Pierre. **Espaces Graphiques et Graphismes d'espaces**. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1993;
- BAUTIER, Thierry. Étude didactique de l'introduction à l'apprentissage de la perspective conique. In: **Le dessin technique**. Paris: Hermes, 1987;
- BERTHELOT, René et SALIN, Marie-Hélène. **L'enseignement de l'espace et la géométrie dans la scolarité obligatoire**, Bordeaux, 1992. Thèse Université de Bordeaux I;
- BESSOT, Annie et alli. Maîtrise des rapports avec l'espace physique: Reperage dans l'espace de projections orthogonale, Rapport de recherche, Grenoble, 1988;
- BESSOT, Annie, VERILLON, Pierre. **Espaces Graphiques et Graphismes d'espaces**, Grenoble: La Pensée Sauvage, 1993;
- BKOUICHE, Rudolf. L'enseignement scientifique entre l'illusion langagière et l'activité pédagogique. In: REPÈRES Pont à Mousson:Topiques Éditions, n. 9, Avril, 1992;
- BOUDAREL, J., COLMEZ, F., PARZYSZ, B. Représentation planes des figures de l'espace. In: CAHIERS DE DIDACTIQUES EN MATHÉMATIQUES, Bordeaux: IREM de Bordeaux, n. 48, 1987;
- BROUSSEAU, Guy. Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques, In: RECHERCHE EN DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES. Grenoble: La pensée Sauvage, Vol 4. N2, 1983;
- BROUSSEAU, Guy. Etude des questions d'enseignement, un exemple: la géométrie, in: Anais do Seminaire de didactique des mathématiques et de l'informatique, IMAG, Grenoble, 1983;

- BROUSSEAU, Guy. Fondements et methodes de la didactique des mathématiques. In: RECHERCHE EN DIDACTIQUE DES MATHEMATIQUES. Grenoble: La pensée Sauvage, Vol 7. N2, 1986;
- CASTORINA, J. A.; e colaboradores. **Psicologia Genética** - Aspectos Metodológicos e Implicações Pedagógicas. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda, 1988;
- CHARNAY, Roland e MANTE, Michel. De l'analyse d'erreurs aux dispositif de remédiation: quelques pistes...In: REPÈRES. N. 7, Pont à Mousson: Topiques Editions, Avril, 1992;
- CHEVALLARD, Yves. Sur l'ingénierie didactique, Deuxième école d'été de didactique des mathématiques, Orleans, 1982;
- CHEVALLARD, Yves. **La transposition didactique** - Du savoir savant au savoir enseigné, Grenoble: La Pensée Sauvage, 1991;
- CHEVALLARD, Yves. Concepts fondamentaux de la didactique: perspectives apportée par une approche anthropologique. In: RECHERCHE EN DIDACTIQUE DES MATHEMATIQUES. Grenoble: La pensée Sauvage, Vol 12. n1, 1992;
- CHEVALLARD, Yves, JOSHUA, Marie-Alberte. Un exemple d'analyse de la transposition didactique. In: RECHERCHE EN DIDACTIQUE DES MATHEMATIQUES. Grenoble: La pensée Sauvage, Vol 3. N2, 1982;
- CIFUENTES, Purificación. **La Representation de l'espace dans l'apprentissage du dessin technique**. Louvain-la-Neuve, 1995. Thèse de Doctorat en Psychopédagogie de l'Université Catholique de Louvain;
- CLOT, Yves. La competence en cours d'activité. In: EDUCATION PERMANENT. Paris, vol. 123, n.2, 1995;
- COLMAR, Philippe. **La perspective en Jeu**, Les dessous de l'image. Paris: Galimard, 1990;
- COLMEZ, F. PARZYSZ, B. Le vu et le su dans l'évolution des dessins de pyramide du CE2 à la seconde. In: BESSOT, Annie, VERILLON, Pierre. **Espaces Graphiques et Graphismes d'espaces**. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1993;
- COLMEZ, F. PARZYSZ, B. THOMAS, C. L'enseignement de la géométrie dans l'espace en BTS d'arts apliques. In: REPÈRES. N. 9, Pont à Mousson: Topiques Editions, outubro, 1992;
- CORDIER, F. et alli. Connaissances et Représentations. In: RICHARD, J. F., BONNET, C., GHIGLIONE, R. **Traité de psychologie Cognitive 2**, Paris: Dunod, 1990;
- DAMISCH, H. **L'origine de la Perspective**. Paris: Champs Flammarion, 1987;
- DANIELLOU, F. e alli. **Comprendre le travail pour le transformer** - la pratique de l'ergonomie, Lyon: Editions Anact, 1991;
- DAVIS, Cláudia; OLIVEIRA, Zilma de. **Psicologia na Educação**. Coleção Magistério - 2º Grau, Série Formação do Professor. São Paulo: Cortez Editora, 1990;
- DEFORGE, Yves. **Le Graphisme Technique**. Paris: Champ Vallon, 1981;
- DEVELAY, Michel. **De l'apprentissage à l'enseignement**. Paris: ESF éditeur, 1992;
- DOUADY, Régine. Jeux de cadres e dialectique outil-objet. In: RECHERCHE EN DIDACTIQUE DES MATHEMATIQUES. Grenoble: La pensée Sauvage, Vol 7. N2, 1986;
- DUPONT, Pol, OSSANDON, Marcelo. **La pédagogie Universitaire**. Collection Que sais-je? n. 2891, Paris: PUF, 1994;
- EHRlich, Stéphane. **Les Représentations**. Paris: Ed. Armand Colin, 1985;
- ERNST, Bruno. **L'aventure des figures impossibles**. Alemanha: Edition Taschen, 1990;
- ERNST, Bruno. **Le miroir magique de M. C. Escher**. Alemanha: Edition Taschen, 1994;

- ERNST, Bruno. **Le monde des illusions d'optique**. Alemanha: Edition Taschen, 1994;
- FAINGOLD, Nadine. L'entretien de formation. In: Les dossiers de l'IUFM n 3, Versailles, 1992;
- FALZON, Pierre. **Analyser L'Activité Pour L'Assister**. Paris: INRIA, 1990;
- FERENCZI, V. **La perception de l'espace projectif**. Paris: Didier, 1966;
- FLAVELL, John H.. **A Psicologia do Desenvolvimento de Jean Piaget**. São Paulo: Editora Pioneira, 1975;
- FLOCON, Albert, TATON, Réne. **La perspective**. Collection Que sais-je? n. 1050, Paris: PUF, 1994;
- FRAYLING, C. FRAYLING, H. VAN DER MEER, R. **L'Atelier du peintre**. Paris: Artabras, 1978;
- GAONAC'H, D. e GOLDER, C. **Manuel de psychologie pour l'enseignement**. Paris: Hachette, 1995;
- GEORGES, Christian. **Apprendre par l'action**. Paris: PUF, 1989;
- GEORGES, Christian, Aquisition des connaissances, In: RICHARD, J. F., BONNET, C., GHIGLIONE, R. **Traité de psychologie Cognitive 2**, Paris: Dunod, 1990;
- GEORGES, Yvon, HIGELE, Pierre. **Ateliers de dessin technique**, Préalables pour comprendre le Dessin Technique. Paris: Dunod, 1990;
- GUILLERMAIN, H. Approche cognitive de la genèse de la représentation graphique en perspective. In: RABARDEL, P. WEILL-FASSINA, A. **Le dessin technique**. Paris: Hermes, 1987;
- HIGELÉ, P. L'apprentissage des operations projectives. In: L'apprentissage de la géométrie du dessin technique, Collection Rapports de Recherches, n. 9. INRP, 1984;
- HIGELÉ, Pierre, GEORGES, Yvon. **Ateliers de Dessin Technique**: Préalables pour comprendre de Dessin Technique. Paris : Dunod, 1990;
- HOC, J.-F. La connaissance concernant les procedures. In: RICHARD, J.F., BONNET, C., GHIGLIONE, R. **Traité de psychologie cognitive 2**. Paris: Dunod, 1990;
- HOUSSAYE, J. **Le triangle pédagogique**, Berne: Peter Lang, 1988;
- JANVIER, Claude. Le volume comme instrument de conceptualisation de l'espace. Montreal. In: TOPOLOGIE STRUCTURALE, n. 18, 1992;
- LAMBERT, J. H. **Essai sur la perspective**. Monom, Coubron, sem data.
- LEBAHAR, Jean-Charles. Compétences de conception, conception des competences: le pédagogue est un concepteur de tâches fictives. In: EDUCATION PERMANENT. Paris, vol. 123, n.2, 1995;
- LEBAHAR, Jean-Charles. **Le design Industriel, sémiologie de la séduction et code de la matière**. Marseille: Parenthèses, 1994;
- LE GOFF, Jean Pierre. La perspective en 1ère scientifique: une certaine suite dans les idées. In: REPÈRES. N. 7, Pont à Mousson: Topiques Editions, Avril, 1992;
- LEPLAT, Jacques. Competence et ergonomie. In: AMALBERTI, DE MONTMOLLIN e THEUREAU. **Modèles en analyse du travail**, Liège: Mardago, 1991;
- LEPLAT, Jacques. À propos des compétences incorporées. In: EDUCATION PERMANENT. Paris, vol. 123, n.2, 1995;
- MARGOLINAS, Claire. Eléments pour l'analyse du rôle du maître: les phases de conclusion. In: RECHERCHE EN DIDACTIQUE DES MATHEMATIQUES. Grenoble: La pensée Sauvage, Vol 12. n1, 1992;
- MARTY, A. E. **La perspective sans mathématique e sans termes techniques**, Paris: Henri Laurens Éditeur, 1961;
- MARTINAND, J. L. **Connaître et transformer la matière**, Berne: Peter Lang, 1986.
- MATHIAUD, Michèle. Enseigner à partir d'activités, est-ce bien raisonnable? In: REPÈRES. N. 7, Pont à Mousson: Topiques Editions, avril, 1992;
- MEIRIEU, P. **Apprendre... oui, mais comment**, Paris: ESF éditeur, 1987;



- MENDELSON, Patrick. L'évolution des recherches sur l'apprentissage par enseignement. In: EDUCATIONS. n. 1 dec/94 et jan/95;
- MERCIER, Gérard. Explication et prise de conscience chez des apprentis métalliers, Thèse Université René Descartes, 1995;
- MIGNE, Jean. Pédagogie et représentations. In: Représentations et apprentissage chez les adultes. EDUCATION PERMANENT. Paris, vol. 119, 1994
- MIZUKAMI, Maria da Graça Nicoletti. **Ensino: As Abordagens do Processo.** Temas Básicos de Educação e Ensino. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1986;
- OSTA, Iman. L'ordinateur comme outil d'aide à l'enseignement: Une séquence didactique pour l'enseignement du repérage dans l'espace à l'aide de logiciels graphiques. Thèse troisième cycle de l'université de Grenoble I, 1988;
- PALLASCIO, R. ALLAIRE, R. MONGEAU, P. Représentation de l'espace et enseignement de la géométrie. Montreal. In: TOPOLOGIE STRUCTURALE, n. 18, 1992;
- PARZYSZ, Bernard. Représentations planes et enseignement de la géométrie de l'espace au lycée. Contribution à l'étude de la relations voir/savoir. Thèse de 3ème cycle, Université Paris 7, Paris, 1989;
- PASTRÉ, Pierre. Variations sur le développement des adultes et leurs représentations. In: EDUCATION PERMANENT. Représentation et apprentissage chez les adultes. Paris, vol. 1119, 1994;
- PIAGET, J. e INHELDER, B. **La Représentation de L'espace Chez L'enfant.** Paris: PUF, 1948;
- PIAGET, J. **Problèmes de psychologie génétique.** Paris: Ed. Denoël/Gonthier, 1972;
- PINO, Angel; GÓES, Maria Cecília. **Pensamento e Linguagem - Estudos na Perspectiva da Psicologia Soviética.** São Paulo: , 1991;
- RABARDEL, Pierre. Contribution à l'étude de la lecture du dessin technique, Tese de doutorado de 3o ciclo, École des Hautes Études en Sciences Sociales, 1980;
- RABARDEL, Pierre. La Lecture du Dessin Technique - Approches Experimentales et Hypotheses, INRP, Paris, 1982;
- RABARDEL, Pierre. Recherche en Psychologie et en Didactique: un exemple d'interaction dans l'enseignement du dessin technique. In: REVUE FRANÇAISE DE PÉDAGOGIE, N. 89, oct-nov-déc, 1989;
- RABARDEL, Pierre. L'utilisation d'instruments est-elle une source de savoir spatiaux? Montreal. In: TOPOLOGIE STRUCTURALE, n. 18, 1992;
- RABARDEL, Pierre. Micro-genèse et fonctionnalité des représentations dans une activité avec instrument. In: WEILL-FASSINA, A, RABARDEL, P. DUBOIS, D. **Les représentations pour l'action**, Toulouse: Octares, 1993;
- RABARDEL, Pierre. Qu'est-ce qu'un instrument? In: LES DOSSIERS DE L'INGÉNIERIE ÉDUCATIVE, N. 19, Mars, 1995;
- RABARDEL, Pierre. **Les Hommes et les Technologies.** Paris: Armand Colin, 1995;
- RABARDEL, Pierre e SIX, Bénédicte. Outiller les acteurs de la formation pour le développement des compétences au travail. In: EDUCATION PERMANENT. Paris, vol. 123, n.2, 1995;
- RABARDEL, Pierre et VERILLON, Pierre. Relation aux objets et développement cognitif. In: Actes du septième Journées Internationales sur l'Éducation Scientifique, Chamonix, 1985;
- RICHARD, Jean-François et alli. **Traité de psychologie cognitive 2**, Paris : Dunod, 1990.
- ROBERT, Aline. Représentations des enseignantes et des élèves. In: REPÈRES. N. 7, Pont à Mousson: Topiques Editions, Avril, 1992;

- ROBERT, Aline. Une reflexion sur la formation des PLC2, une analyse des modules communs mathématiques à IUFM de Versailles. In: Cahiers de Recherches du IREM Université de Paris 7, Junho, 1994;
- ROBERT, Aline. Professeurs de mathématiques de collège et lycée: formation professionnelle initiale, ou comment désaltérer qui n'a pas soif?. In: Cahiers de Recherches du IREM Université de Paris 7, Março, 1995;
- ROBERT, Jean-Marc. Experimentation Sur Les Modes D'Ecriture de Dessin. INRIA, Paris, 1983;
- ROBIN, Claude, e alli.. Enseigner par les activites. In: REPÈRES. N. 7, Pont à Mousson: Topiques Editions, Avril, 1992;
- ROGALSKI, J. Acquisition de savoir et de savoir faire en informatique. In: CAHIERS DE DIDACTIQUES EN MATHÉMATIQUES, Paris: IREM – Université de Paris 7, 1987;
- ROSA, S. B. L'enseignement de la géométrie projetive à l'aide des Instruments. Comunicação no Colóquio sobre a Geometria da representação nas Escolas de Arquitetura. Universidade de Paris-Villermain, Paris, 1995;
- ROSA, S. B. L'enseignement à l'aide des instruments, In: Cederom da Segunda Biennale de L'Éducation e de la Formation, Sorbone, Paris, 1998;
- ROSA, S. B. e GONTIJO, L. A. L'utilisation des instruments dans l'apprentissage de la perspective. In: Anais do XXXº Congresso da Sociedade de Ergonomia de Lingua Francesa, Biarritz, 1995;
- ROSA, S. B. GONTIJO, L. A. An instrumental approach to learning drawing. In: Anais do 7th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry, Cracow, 1996;
- ROSA, S. B. e GONTIJO, L. A. O uso de instrumentos no ensino de desenho - Diferentes atividades e diferentes estatutos. In: Anais do I Congresso Internacional de Engenharia Grafica nas Artes e no Desenho e XII Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico, Florianópolis, 1996;
- ROSA, S. B. GONTIJO, L. A. ULBRICHT, V. B. L'activité avec instruments dans l'apprentissage de la perspective. In: Anais do Segundo Congresso Internacional de Atualidades da Pesquisa em Educação e Formação, Nanterre, Julho/1996;
- ROSA, S. B. GONTIJO, L. A. ULBRICHT, V. R. SANTOS, N. Les activités avec un instrument d'apprentissage: le cas du perspectographe. In: Anais do XXXI<sup>ème</sup> Congresso da Sociedade de Ergonomia de Lingua Francesa, Bruxelas, 1996;
- ROSA, S. B. ULBRICHT, V. R. GONTIJO, L. A. A informática desenhando, da análise da atividade às competências requeridas, in: Anais do I Congresso Internacional de Engenharia Grafica nas Artes e no Desenho e XII Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico, Florianópolis, 1996;
- ROSA, S. B. ULBRICHT, V. R. SIMIONI, S. M. Ensino da geometria descritiva através do uso de instrumentos, in: Anais do I Congresso Internacional de Engenharia Grafica nas Artes e no Desenho e XII Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico, Florianópolis, 1996;
- ROSA, S. B. ULBRICHT, V. R. Os instrumentos e o conhecimento incorporado. In: Anais do Congresso de Ergonomia, Florianópolis, 1997;
- SAMURÇAY, Renan. La coordination des points de vue dans l'espace chez l'enfant: Analyse des referentiels et des calculs spatiaux, Thèse de 3ème cycle, Paris, 1984;
- SAMURÇAY, Renan e PASTRÉ, Pierre. La conceptualisation des Situations de travail dans la formation des compétences. In: EDUCATION PERMANENT. Paris, vol. 123, n.2, 1995;
- SAMURÇAY, Renan e RABARDEL, Pierre. Compétences au travail: réflexion pour un cadre théorique construtiviste, in: 2nd Work process Knowledge meeting, Paris, 1995;
- SCHIFF. Michel. Questions Byzantines sur l'apprentissage. In: PSYCHOLOGIE ET ÉDUCATION, n. 10, 1992;

- SCHWARTZ, Yves. De la « qualification » à la « compétence ». In: EDUCATION PERMANENT. Paris, vol. 123, n.2, 1995;
- SILVEIRA, Sandra Rey Guedes da. A Construção do Espaço no Desenho Infantil: Implicações com a História da Arte e a Arte Contemporânea. In: Jornal da Arte na Escola, 1994;
- TAILLE, Yves de la; OLIVEIRA, Marta Kohl de; DANTAS, Heloysa. Piaget, Wallon - **Teorias psicogenéticas em discussão**. São Paulo: Summus Editorial Ltda, 1992;
- VERGNAUD, Gérard. **L'enfant, la mathématique et la réalité**. Berne: Peter Lang, 1981;
- VERGNAUD, Gérard. Concepts et schèmes dans une théorie opératoire de la représentation, In: LES REPRÉSENTATIONS, Ed. SFP, Paris, 1985, p. 245 a 252;
- VERGNAUD, Gérard. La formation des concepts scientifiques: Relire Vygotsky et débattre avec lui aujourd'hui. In: ENFANCE, Tome 42, n. 1-2/1989, p. 111 à 118;
- VERGNAUD, Gérard. La théorie des Champs Conceptuels. In: RECHERCHE EN DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES. Grenoble: La pensée Sauvage, Vol 10. N2.3, 1991;
- VERGNAUD, Gérard. **Apprentissages et didactiques: où en est-on?**, Paris: Hachette, 1994;
- VERILLON, Pierre, RABARDEL, Pierre. De l'analyse des compétences à l'élaboration des contenus: Contribution de la psychologie et de la sémiologie à la conception en ingénierie didactique. In: BESSOT, Annie, VERILLON, Pierre. **Espaces Graphiques et Graphismes d'espaces**. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1993;
- VERILLON, Pierre. La lecture du dessin technique: Approches psychologiques et didactiques. In: Actes du 1er Colloque des enseignantes des disciplines technologiques en Ile de France, Paris, 1994;
- VERILLON, Pierre. A problemática do instrumento: Um quadro para reflexão do ensino do grafismo. In: GRAF & TEC, Vol. 0, n. 0, Florianópolis, p. 57 a 78, 1996;
- VERMERSCH, Pierre. Analyse de la tâche et fonctionnement cognitif dans la programmation de l'enseignement. In: Bulletin de psychologie, Tome 33, n. 343, 1979;
- VERMERSCH, P. Peut-on utiliser des données de la psychologie génétique pour analyser le fonctionnement cognitif des adultes? Théorie opératoire de l'intelligence et registres de fonctionnement. Cahiers de Psychologie n. 22/23, p. 59 a 75, Paris, 1979.
- VERMERSCH, Pierre. L'entretien d'explicitation. In: Les cahiers de Beaumont. n. 52 bis, abril, 1991;
- VERMERSCH, Pierre. Pensée privée et représentation dans l'action. . In: WEILL-FASSINA, A, RABARDEL, P. DUBOIS, D. **Les représentations pour l'action**, Toulouse: Octares, 1993;
- VERMERSCH, Pierre. **L'entretien d'explicitation, en formation initiale et en formation continue**. Paris: ESF éditeur, 1994;
- VIOLLET-LE-DUC. **Histoire d'un dessinateur, comment on apprend à dessiner**. Paris: Berge Levrault, 1879;
- VYGOTSKY, L. S. (1930) La méthode instrumentale en psychologie, In: BRONCKART, J.P. SCHNEUWLY, B. **Vygotsky aujourd'hui**. Lausanne: Delachaux et Niestlé, 1985;
- VYGOTSKY, L. S. (1932) **Pensamento e Linguagem**. Coleção Psicologia e Pedagogia. São Paulo: Livraria Martins Fontes Editora Ltda, 1991;
- VYGOTSKY, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N.. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. São Paulo: Ícone Editora Ltda, 1992;
- WAZLAWICH, Raul Sidnei. Um Modelo Operatório para Construção de Conhecimento. Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do

- grau de Doutor em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993;
- WEILL-FASSINA, Annie. La Lecture du Dessin Industriel: Perspectives d'Étude. In: LE TRAVAIL HUMAIN, tome 36, n. 1, p. 121 a 140, 1973;
- WEILL-FASSINA, Annie. Representation de Donnees Spatiales Symbolysees: La Lecture des Intermediaires Graphiques en Situation de travail et D'Apprentissage professionnel. Laboratoire de Psychologie du Travail, Paris, 1980;
- WEILL-FASSINA, Annie, RABARDEL, Pierre. Activités cognitives dans l'apprentissage et l'utilisation du dessin technique. Rapport scientifique du CNRS, 1984;
- WEILL-FASSINA, Annie. Difficultés de L'Apprentissage de La Lecture du Dessin Technique, Paris, 1985;
- WEILL-FASSINA, A. RABARDEL, P. DUBOIS, D. **Représentations pour l'action**. Toulouse: Octares, 1993;
- WEILL-FASSINA, Annie et VERMERSCH, Pierre. Un diagnostique opératoire dans des tâches élémentaires de lecture de forme en dessin industriel: Les cohérences des modalités de fonctionnement. In: TRAVAIL HUMAIN, 48, 4. 1985;
- ZANELLA, Andrea. Panorama geral da obra de Vigotsky no campo da psicologia. In: Zona de desenvolvimento proximal: Analise teórica de um conceito em situações variadas, Dissertação de mestrado PUC/SP, 1992;
- ZOUGARRI, G., WEILL-FASSINA, A., VERMERSCH, P. Performances et competences d'élèves de L.E.P. dans les épreuves de lecture de forme. In: L'apprentissage de la géométrie du dessin technique, Collection rapports de recherches, n. 9, INRP, 1984.

## *Anexo I*

*Dados sobre os desenhos da  
primeira  
antecipação*

sujet	inclinées			direction			Surf. front p/rapp cadre	proportion			observations	det. %
	P	C	D	G	C	D		Pet	Gd	$\lambda$		
Vane	•					•	bonne	2,4	7,6	3,17		3,6
Juli	•					•	bonne	0,9	1,9	2,11		35,9
Virg M	•			•			bonne	0,9	7,4	8,22		150.
Ceci B	•					•	bonne	0,9	1,5	1,66		49,5
Marion	•					•	bonne	2,3	4,5	1,95	det papier	40,1
Ceci		•				•	bonne	0,9	1,5	1,65		49,2
Mari	•					•	bonne	4,5	6,0	1,33		59,6
Virg C	•					•	bonne	0,9	4,1	4,55		38,3
Cath		•				•	bonne	3,5	13,0	3,71	p. de fuite	12,7
Clem	•			•			bonne	6,2	9,9	1,60		51,1
Maxi		•				•	bonne	3,0	12,0	4,00		21,6
Cari	•					•	bonne	0,9	2,4	2,66		19,1
Alex R	•					•	bonne	1,0	4,1	4,10		24,6
Jess	•					•	bonne	1,9	7,5	3,95		20,1
Maga		•				•	bonne	1,6	7,2	4,50	p. de fuite	36,8
Soph	•					•	bonne	1,4	2,4	1,71		48,0
Davi		•			•		bonne	3,9	9,3	2,38		27,6
Vale		•		•			bonne	1,6	4,0	2,50	p. de fuite	24,0
Alex L		•			•		bonne	0,9	2,5	2,77	p. de fuite	15,8
Euge		•				•	bonne	2,1	5,7	2,71	p. de fuite	17,6
Luci	•			•			bonne	2,3	9,3	4,04		22,8
Perr	•			•			non	-	-	-		-
Alay	•					•	bonne	1,8	3,2	1,77		46,2
Flor		•				•	bonne	0,6	1,3	2,16		34,3
Aure	•			•			bonne	2,3	6,5	2,83	det.papier	14,0
Cori		•			•		bonne	1,5	6,0	4,00		21,6
Ceci B	•					•	bonne	1,2	3,5	2,92		11,2
Amar	•			•			bonne	0,6	2,5	4,16	moitie visib.	26,4
Celi	•					•	bonne	1,1	3,1	2,82	det. papier	14,3
Pier	•					•	bonne	2,9	8,7	3,00		8,8
Aure	•					•	bonne	2,0	5,0	2,50		24,0
Meli	•					•	bonne	1,8	5,7	3,17		3,6
Vero	•					•	bonne	3,4	10,7	3,15		4,2
Yael	•			•			bonne	1,5	6,0	4,00		21,6
Caro	•					•	bonne	1,5	6,0	4,00		21,6
Juli			•	•			bonne	2,0	5,0	2,50		24,0
Phil	•			•			bonne	1,5	5,4	3,60	det.papier	9,4
Benj		•				•	bonne	2,3	8,0	3,48		5,8
Step							bonne	1,7	8,0	4,70	det. papier	42,8
total	26	11	1	10	3	25						
%	68	29	3	26	8	66						

Les inclinées peuvent être:

P - Parallèles; C - Convergentes; D - Divergentes

La direction de fuite peut être:

G - Gauche; C - Central; D - Droite

Pour calculer la proportion entre les cotes de la surface frontale

Pet = la taille de la ligne la plus petite

Gd = la taille de la ligne la plus grande

$\lambda$  = rapport de proportion obtenu par la division grand/petit

Det % = valeur pourcentuelle de détournement de la proportion du dessin,  $\lambda$ , par rapport à une valeur de référence obtenue des dimensions de la boîte = 3,29



## ***Anexo II***

### ***Décriptagem do curso de perspectiva***



1. M - Dans le protocole d'analyse on a discuté un petit peu dans deux ou trois questions sur les horizontales et les verticales. A peut près tout le monde a dit qu'il y avait, dans l'objet réel des horizontales et des verticales et des obliques... d'accord, maintenant j'aimerais mettre au point le rapport entre l'objet réel et l'objet dessiné, on entend comme objet dessiné comme la perspective de cet objet...
2. Au tableau...
3. M - D'abord on va mettre la « réel » et « perspective » en on va faire un rapport entre les deux pour essayer de comprendre quelques choses qui arrivent dans la perspective avec ces lignes là. Bon, n'importe quelle position qu'il a cette boîte on peut dire que... on doit commencer par quels sont les concepts initiaux sur une droite horizontale, qu'est-ce que ça veut dire une ligne horizontale, quelqu'un m'a dit que c'est la ligne d'horizon qui c'est la ligne qui est parallèle au sol, est-ce que... il y a quelque chose qui ça va ou ça va pas??
4. Tout le monde a dit que ces deux lignes là, aussi cela, elles sont des horizontales, mais personne n'a dit que celles là sont des horizontales aussi... elles sont des horizontales. C'est vrai qu'il doit avoir des différences entre ces lignes là et ces là mais il me semble qu'elles sont toujours des horizontales.
5. D - Oui, si quelque chose ne va pas il faut demander soit des précisions soit présenté ce qui ne va pas. On est en train de souligner que si ces deux ensembles de lignes sont aussi des horizontales, alors pourquoi vous n'étiez pas sur de...
6. E - On répondait la ligne par rapport au dessin..
7. M - D'accord, sans problème.. Bon alors on peut dire qu'il y a un groupe des horizontales qui sont parallèles entre eux, ce sont ces 4 là, les deux de devant et puis les autres... mais il y a, quand même un autre groupe d'horizontales... alors ces horizontales là forment un groupe car elles sont toujours parallèles entre elles mais on peut voir déjà qu'il y a deux groupes d'horizontales. « horiz I » et « horiz II » Ça, bien sûr, sur l'objet réel, pour l'instant on ne s'occupe que de la réalité. Et là on a vu ces lignes là... et ces lignes là, il

reste toujours ces 4 lignes là, bon celle là je crois que...

8. E - des verticales

9. D - Tout le monde est d'accord?

10.M - D'accord avec quoi?

11.E - Elles sont des verticales.

12.M - Oui, verticales, d'accord, bon la réalité voila, la réalité c'est pas si difficile.. le problème à nous c'est de faire le rapport avec le dessin la... bon, alors quand il arrive au dessin on était avec des horizontales qui sont celles-là. Tout le monde a dit qui sont des horizontales bien sur, elles restent alors après la perspective comme des horizontales. Mais on s'occupe que du dessin, on va oublier ça (la boîte réelle).. Il y a les trois lignes qui ont été conçu comme des horizontales alors on peut dire qu'il y a ce premier groupe des lignes qui sont des horizontales I, dans la perspective elles restent toujours horizontales. Dans les verticales on n'a pas eu des problèmes, tout le monde s'est mis d'accord à 100% elles sont aussi verticales. Mais qu'est-ce qui arrive là? (les horiz II) Qu'est-ce qui arrive là? Elles sont des lignes horiz. dans la réalité

13.E - ....

14.M - Oui, on peut dire obliques, aussi on peut dire convergentes. Est-ce que ça va le concept de convergent? Oui? Parce qu'elles sont obliques mais on peut remarquer qu'elles ne sont pas parallèles entre elles mêmes, en tant que les vertic. Et les horiz I même après la perspective elles continuent parallèles et les horiz. II elles deviennent convergent et en plus... bon elles ne sont plus parallèles et en plus elles sont convergentes elles ne sont pas seulement du type oblique.

15.D - A-t-il de perspective ou elles sont obliques et parallèles?

16.M - Il y a, mais on ne s'occupe pas de cette perspective là. C'est aussi un type de perspective mais c'est pas un type de perspective qui sert... qui a un rapport avec....

17.D - La réalité.

18.M - La réalité, avec le système optique, le système optique c'est celui là, (montre l'appareil), c'est ça qu'on essaye de faire et on appelle toujours, je ne sais pas comment on dit ça ici mais on appelle la perspective des architectes... c'est la perspective que les

architectes utilisent plus parce que ça ressemble plus avec la réalité.

19.D - C'est utilisé dans les schémas pour.....

20.D - Pour quoi ce système de perspective ça ressemble plus à notre vision que dans la perspective cavalière? Pourquoi, justement les obliques ne sont plus parallèles et deviennent convergentes... ça correspond à quoi? Essaie d'exprimer, qu'est-ce qui se passe... Il y a une réduction dans la taille des éléments et c'est pour ça que les obliques deviennent convergents parce que les dimensions ne sont pas égales... Justement la perspective cavalière est utilisée pour les plans parce qu'on sait très bien que dans une perspective cavalière que les dimensions doivent rester les mêmes. Si on utilise en plan une perspective de ce type là (elle montre le perspectographe) on peut penser que les dimensions les plus loin sont plus petites...

21.M - Il faut considérer aussi qu'entre deux lignes qui ont la même taille, en réalité, dans cette situation (du perspectographe) on sait qu'on ne peut pas représenter avec la même taille sinon...

22.D - Oui, mais c'est pour ça qu'on utilise la perspective cavalière, sans diminution, lorsqu'on veut un plan avec des précisions.

23.M - Mais si on analyse... bon, de toute façon, si on va analyser maintenant cette horizontal là qu'on a appelé de I, les horizontales I elles restent toujours parallèles entre elles et elles restent aussi parallèles dans le dessin. Par contre il y a un autre groupe qui est aussi des horizontales, restent toujours parallèles entre elles, mais sur le dessin elles deviennent convergents. E si on fait une analyse de l'objet par rapport au cadre on peut dire qu'il y a une différence entre la position du groupe des horizontales I et le groupe des horizontales II par rapport au cadre. OK?

24.D - Non...

25.E - ....

26.M - Est-ce que tu crois qu'il y a une différence, quelle est la différence? Entre les deux parce que.. Je ne sais pas si elles ont compris..

27.D - Non, non mais je pense .. est-ce que vous avez compris ça...?

28.M - J'aimerais savoir quelle est la différence entre ces deux types de chose par rapport au cadre.

29.D - Vous avez repéré ce qui était? Vous devriez, peut-être, être à ma place, parce que, en voyant le dessin...

30.M - Je ne voulais pas dire quelle est la différence entre ces deux choses..

31.D - Tu avais demandé dans le dessin?

32.M - Non... oui, j'avais commencé par là, ce sont des choses que bon... à oui j'ai pas pensé que sont des horizontales et voila elles sont parallèles... c'est pas une chose qu'on fait pendant qu'on boit un café... Alors je reprends, il y a l'horizon I et II, deux groupes d'horiz. Les horizontales I restent parallèles dans la perspective, le groupe des horizontales II ne restent pas... par rapport au cadre, quelle est la différence... parce qu'on peut remarquer aussi que les verticales restent aussi parallèles entre elles...

33.Z - Parce que elles s'éloignent

34.M - Oui, en fait si on...

35.D - Oui, Zuina mais regarde celle-ci (elle montre une verticale qui est parallèle mais qui est plus petit)

36.Z - Elles sont sur le même plan de la ligne

37.D - C'est à dire... qu'elle allait...

38.Z - Tous les points sont sur la même distance

39.D - C'est à dire

40.Z - Qu'elles sont parallèles

41.M - Voila.. toutes les lignes qui sont parallèles au cadre restent parallèles entre elles dans la perspective. Voila. Qu'est-ce qui arrive avec les lignes qui ne sont pas parallèles au cadre?

42.Z - Elles vont au point de fuite.

43.M - Voila... vous ne pouvez pas croire quelle est l'importance, pour la perspective, de ce concept là. Alors, horizontales I restent horizontales, elles sont parallèles au cadre. Les verticales aussi sont parallèles au cadre. Et bon, dans ce cas là (horizontales II) on peut dire même qu'elles sont perpendiculaires, non? Oui, alors les lignes perpendiculaires au cadre donnent une convergence... maintenant il faut savoir où.

44.F - Dans le point de fuite

45.M - Oui, bien sur, j'avais déjà dit et vous, je pense que vous avez déjà entendu parler du point de fuite, voilà c'est là où les lignes convergent, mais où il est? Comment on peut le retrouver?

46.F - C'est le point de convergence

47.M - Oui, c'est le point de convergence mais il est là et il a donné ce résultat là, aujourd'hui j'ai mis un quart d'heure pour essayer de remettre à la même place et je n'ai pas arrivé parce qu'il avait quelque chose dans le réglage ou dans le dessin... mais j'essaie de ne pas toucher parce que sinon ça va me demander un autre quart d'heure, mais, où il est? comment le retrouver?.. Bon, d'accord, toutes les lignes qui ne sont pas parallèles au cadre doivent aller au point de fuite. Dans ce cas là on n'a qu'un seul groupe de lignes qui est perpendiculaire dans le cadre. Les autres ne sont pas, alors on ne va avoir qu'un seul point de fuite. C'est pour ça qu'on a fait, pas tous, mais quand j'ai mis la deuxième boîte à côté pour commencer à dessiner on a pris les mesures, et on l'a mis ici, pourquoi? parce qu'elles restent toujours de la même taille, on avait déjà les mesures de ça pour mettre là (elle montre sur les deux boîtes dans les deux positions du dessin). Il reste maintenant de retrouver le point de fuite et maintenant...

48.D - Mais, est-ce qu'elles auraient été pareil si on avait mis la boîte comme ça?

49.M - Qu'est-ce que ça passe dans ce cas là?

50.E - Non..

51.M - Donc c'est pas dans la même position. Et si elle était là (le maître propose une autre position..

52.E - Non.

53.M - Et comme ça? Ça pose de problème? (la boîte a été mise sur la première)

54.E - Non.

55.M - Bon, l'exercice que j'ai fait c'est de faire une proposition plus géométrique du dessin que tout le monde a fait sauf ceux qui... Il a deux qui ont fait la boîte..

56.O - C'est différent

57.D - Tu n'as pas fait?

58.M - Non, non, non Tout le monde a fait mais il avait deux qui j'ai changé la position.

59.D - Ha, d'accord.

60.M - Mais c'est pas grave, c'était avec deux points de fuite... mais bon il y a une pour chacune mais est-ce que vous avez du crayon et de règle?

61.Tous les élèves se sont mis à préparer les affaires...

62.M - Pour ceux qui ont déjà... bon il avait... qui a parlé du point de fuite?

63.F - Moi

64.M - Elle a fait son dessin, elle sait même qu'est-ce qui c'est un point de fuite, n'est-ce pas?

65.F - Oui

66.M - Bon, pour toi il faut pas qu'on fasse quelque chose pour l'expliquer, alors vas-y... Par contre Cécile qui a retrouvé le point de fuite mais sans savoir où il est, oui, elle a remis le dessin sur le perspectographe et il était parfait sans le recours à la technique.

67.D - Ha, oui.

68.M - C'est l'unique cas, hem.. bon tu peux le refaire sans problème.. Bon les autres je ne sais pas si... vous avez déjà retrouvé le point de fuite?

69.D - Vous retrouvez premier le point de fuite et en suite vous dessinez la boîte bleu, c'est ça?

70.M - Oui, c'est ça

71.D - Telle que vous la verriez devant le... avec le point de fuite utilisé pour la boîte blanche.

72.Les élèves se mettent au travail

73.D - Prenez des règles plus grands éventuellement... prenez des mesures de précision, et vous verrez si ce n'est pas un tracé suffisamment précis, un petit décalage d'un millimètre sur le plan frontal vous amène à des aberrations énormes.

74.M - Oui, vous pouvez le faire même ici. Si on met un petit peu la boîte, un millimètre, on peut voir, bon on a même vu avec... parce que le trou est assez grand...

75.D - Donc il faut vraiment...

76.M - A chaque fois qu'on essaye de... (le maître bouge la tête vers le haut et le bas en répétant le geste fait dans l'appareil)

77.D - Donc un petit souci de précision.

78.(commentaire du maître à propos du besoin de tracer une ligne entière pour vérifier la convergence)

79.D - Oui mais c'est rassurant

80.M - Quoi?

81.D - C'est rassurant de voir..

82.M - Oui, oui... je pense qu'on a besoin de voir jusqu'au bout... Maintenant tu n'avais pas besoin de faire celle-ci.

83.C - Je voulais voir

84.M - Bon, j'ai essayé de mettre l'appareil dans la même position...alors je vais faire le dessin moi même et bon si on essaye de faire juste le dessin pour retrouver le point de fuite il y a quelque chose qu'on peut remarquer (manipulation des paramètres sur l'appareil pour retrouver des déductions à niveau scientifique, le point de fuite est à la projection du point de vue). C'est qu'il y a une perpendiculaire entre le point de fuite. Ça, c'est pas évident de remarquer, c'est pas si facile de le voir mais, on fait le dessin, on retrouve, ensuite le point de fuite comme vous avez fait et on peut remarquer qu'il a la même direction de la ligne, c'est pas par hasard qu'on va avoir une perpendiculaire. C'est pas par hasard, c'est parce que toutes les lignes qui sont perpendiculaires au cadre doivent avoir son point de fuite si on fait la même direction en passant par l'observateur. Ça veut dire.. pourquoi ces lignes qui sont parallèles au cadre n'ont pas de point de fuite. Bon, si on passe une parallèle à elles en passant par le point d'observation on ne peut pas retrouver le point de fuite sur le cadre. La même chose pour les verticales. Si on prend la direction, en passant par le point d'observation on ne touche pas le cadre.

85.D - Tu es d'accord avec ça?

86.V - Non, justement j'étais en train de ...

87.D - Dans ce cas là il vaut mieux s'arrêter et demander un peu de temps et bine suivre sinon tu vas décrocher... mais c'est presque... l'essentiel est que si tu as enregistré ça tu peux le faire après tandis ce qui on est en train d'expliquer là si tu le loupes tu pourrais pas..

88.M - Alors.. qu'est-ce qu'on peut dire? Si on change la façon d'observer, si on change cette position, on a déjà remarqué, tout le monde est passé par l'appareil, et on va avoir des changements très importants au niveau du dessin. Mais ça veut dire quoi? Chaque fois qu'on change notre oeil, on va changer là.

89.D - Et si on s'accroupit ou si on monte sur quelque chose qu'est-ce qui va se passer?

90.E - .....

91.M - Vous savez ou on peut retrouver toujours la ligne d'horizon?

92.D - Ou on la voit mieux?

93.E - .....

94.D - Et là si vous êtes au bord de la mer vous pouvez faire l'expérience que si vous êtes allongé sur le sable ou si vous êtes début ou si vous êtes assis vous allez voir une portion de ciel ou une portion de mer qui va, qui va varier, alors..

95.M - Alors elle varie, la ligne d'horizon, par rapport à la hauteur que vous avez, alors si on reste comme ça (on se baisse), ou comme ça, ça change, alors ou elle est, la ligne d'horizon, qui ou comment on peut la déterminer? On dit toujours qu'elle est dans nos yeux

96.D - Est-ce qu'on peut la toucher? Est-ce qu'on peut s'en approcher?

97.F - ....

98.D - Elle est en fonction de quoi, alors?

99.F - De notre vue

100.D - De notre vue, et ça nous permet de rappeler un petit peu justement qu'est-ce que ce passe au niveau..... ce qui reste c'est la notion du point de vue unique et c'est justement ça que vous retrouvez là. Selon l'emplacement du regard on aura un point de fuite et qui si on change un petit peu de place le point de fuite va changer. Donc c'est bien ce qu'on a vu l'année dernière...

101.M - ...

102.D - Voila, ça...ça matérialise, parce que c'est vrai que c'est difficile en fonction des yeux, en fonction de la hauteur de chacun, les yeux qui sont en train de se



balader par ici et par là etc., ça matérialise, en fait, cette histoire de.... point de vue.

103.M - Dès qu'on change le point de vue, dans ce sens là, on peut remarquer une précision de position

104.D - C'est pour ça qu'on vous a indiqué que c'est perpendiculaire.

105.M - Oui, toujours perpendiculaire. Alors, ça veut dire quoi? Par rapport à cette hauteur là, la ligne d'horizon sera toujours dans la hauteur, on va avoir toujours un point de fuite là, là et là.. et bon, on peut tracer même la ligne d'horizon là.

106.D - Vous voulez vérifier par l'appareil ou pas? Si vous... elles peuvent? je pense..

107.M - Bien sur, bien sur.

108.D - Si vous voulez voir comment ça peut...

109.M - Comment ça change... là il est dans la position d'origine.. il est là et bon, on peut changer, a ce moment ça va donner, il va avoir un moment où on voit plus ce côté là..

110.L - Et on va voir l'autre...

111.D - Si, si, tu as raison, on va d'abord voir frontalement, elle dit on va plus voir ce côté et elle dit il a un moment on va avoir l'autre

112.M - Bien sur, il va avoir un moment, qui c'est très intéressant, que si on passe le point de fuite dans cette direction là... j'aimerais bien qu'elle voit...

113.D - Oui..

114.M - Qu'est-ce que tu vas voir là?

115.L - On va d'abord comme ça, et puis les côtés, on voit même pas la longueur, on voit juste...

116.D - Baht, va voir, ah vas y, déplacez-vous, vous n'êtes pas des vieillards..

117.M - C'est ça que tu as pensé?

118.L - Non

119.D - Ah

120.M - Non? Qu'est-ce que tu as pensé alors?

121.L - ... elle dans une position où tu ne vois plus.

122.D - Cales toi

123.M - ...

124.L - ... On voit au-dessus mais on ne voit pas les deux cotes

125.M - Oui, oui... bien sur

126.L - Je vois ça, ça et ça et je vois pas ça... je vois pas le côté

127.M - Oui, parce que bon si elles étaient déjà très très très proche et il va avoir un moment ou ces deux, ces deux horizontales la, elles vont... elles vont vers le point de fuite et elles seront... elles vont surmonter et elles seront... dessinées sur le même endroit, superposées.

128.F - Confondues

129.M - Confondues

130.D - Confondues

131.M - Confondues, oui, voila, cela c'est le mot plus précis, elle a déjà une notion de géométrie plus profonde... ça sera le moment où on ne va plus le voir mais sa représentation va devenir un trait.. rien ne veut dire qu'elle n'existe plus, seulement qu'elle va être représentée par un petit trait, on peut essayer même avec le grand surface. C'est pas une chose de petites ou des grandes surfaces c'est une chose de la position du point de vue par rapport à l'objet... Ça va????

132.D - Et toi? Ça va?

133.M - Oui... Par contre il y a une chose... bon, on a déjà vu qu'il y a le point de fuite et que le point de fuite est dans la ligne d'horizon, alors qu'il y a une ligne d'horizon aussi... bien sur que cette ligne d'horizon elle peut changer et c'est pour ça que j'ai mis un réglage là aussi, parce que.. bon il y avait ces deux positions. Il y a une autre chose que va changer aussi (glisser la barre du point de vue pour montres qu'elle bouge) il va nous permettre de la rapprocher, si on va plus proche on voit plus grand, si on voit de plus loin on voit plus petit. Il y a cette chose de la hauteur, que ça veut dire quoi? Ça veut dire que si on voit de plus haut, ou on monte et ça va donner aussi des changements...

134.Alors, il y a quelque chose qui quelqu'un m'a demandé, parce que j'étais en train de montrer... une personne m'a dit que... comment vous comptez faire

cette perspective, surtout sans avoir le perspectographe parce que, bien sur, on ne dessine pas avec ça, il faut avoir un truc comme ça chez moi, pour que tout le monde... pour être capable de faire de la perspective... On doit commencer eh... la dernière question du protocole d'analyse c'était de trouver ...eh de faire un plan.. la je n'étais pas très claire, je ne sais pas...

135.D - Une question de vocabulaire.

136.M - Oui.. c'est une question de vocabulaire.. il a eu de gent qui vont faire un plan, ça veut dire, vue d'au-dessus mais il a eu de gent qui vont faire de perspective, et une perspective, on sait déjà ... c'est pas un plan, pas du tout... un plan ça veut dire, je ne sais pas, mais une vision...

137.D - Plat

138.M - Plat, c'est ça, et la perspective, elle trouve un aspect... et je vais essayer maintenant de présenter ce qui s'est la proposition pour ce schéma, et on va se mettre d'accord sur... on va voir, échanger, jusqu'au moment où on peut utiliser comme une façon de présenter les éléments pour comprendre comment on peut faire pour dessiner sur ce truc là sans avoir besoin de tout ça (le perspectographe). Eh, bien sur, en utilisant toutes les notions qu'on vient...

139.D - Qu'on vient de remarquer en fait..

140.M - Alors, j'avais dit dans le protocole qui c'était un plan schématique.. bon. avec schématique je voulais dire d'essayer de réduire toutes les détails, cela, jusqu'à là, on m'a dessiné ce truc là, le poigne...

141.D - Les visses..

142.M - Les visses, tout ça, bon, d'accord, sans problème, mais ce que j'ai proposé s'est de réduire tout... et cet ensemble là, vu d'au-dessus, par un seule trait, ça veut dire quoi, ça veut dire que de toute façon, si on voit d'au-dessus on va pas voir la, ça va se réduire à un seule trait... alors, maintenant ce trait la (au tableau) signifie un cadre..... ce truc la ( la barre avec le point d'observation)... le point d'observation, si on voit d'au-dessus qu'est-ce qu'on va voir?

143.L - Un point avec le truc..

144.M - C'est un point d'observation, alors... le mets une croix seulement parce que l'élément de géométrie de précision... on doit pas faire comme ça (dessine un point rond) parce que ça peut donner des plusieurs directions, alors on peut, si vous êtes d'accord.. il y a

de gent qui fait comme ça.. je ne sais pas, il y a de représentation comme ça...

145.D - Qu'est-ce que vous préférez comme symbole, qu'est-ce que vous parlez de plus, hein?

146.O - La croix

147.M - La croix, oui, la croix croise deux directions, on peut préciser. Bon, de toute façon c'est une chose de convention et des limites géométriques liées.....sur la précision parce que dans le dessin qui... un tout petit peu de changement dans la direction ça peut poser de problème très grave au niveau du résultat... Mais, bon, le dessin de l'ensemble, bon, on va laisser comme ça. Comment sera le plan? (Dessine un rectangle au tableau) Ça satisfait? Oui? Voilà s'était celle la le plan schématique que je voudrais et c'est pas très compliqué...

# Capítulo 5

## Discussões e conclusão

### 5.1 - A construção do instrumento

A proposta de adoção da entidade instrumental ao campo da engenharia didática, requer que o mesmo seja considerado como uma entidade mista, segundo a definição de Rabardel<sup>134</sup>. As componentes que definem um estatuto instrumental foram detalhadas no segundo capítulo deste estudo. Elas comportam um elemento material e um elemento esquemático, o que nos leva a considerar que a qualificação de instrumento não corresponde à uma propriedade de um objeto material, mas à uma relação que se constrói, na medida em que se desenvolve uma ação com o mesmo.

Confirmamos estas considerações, através das experimentações realizadas para este estudo, ao observarmos as diversas dinâmicas e os diferentes tipos de mediação que ele permitia. Gostaríamos, porém, de distinguir as direções no processo de construção de um instrumento, de um lado, vindo do artefato e levando ao esquema e de outro, partindo de um esquema e encontrando um artefato. Estas duas direções podem definir diferentes histórias e mesmo uma relação distinta com a componente material em questão.

Se analisarmos a história do aparelho, que remonta ao século XVI, encontraremos as características de um processo de construção do instrumento, que tem início na definição da perspectiva e de seu conteúdo teórico. Pesquisadores como Dürer, Leonardo ou Piero della Francesca demonstravam, através de sua produção artística, conhecer e dominar as técnicas da representação gráfica. A construção das « máquinas de desenhar », às quais se refere Colmar, representam então uma forma de materialização, ou de construção, do instrumento a partir de sua componente esquemática, seguindo um caminho que vai do instrumento sêmico, tal

como o definimos na perspectiva, ao instrumento material, representado pelo perspectógrafo.

Este encaminhamento, que vai de uma relação epistêmica com a perspectiva à definição de uma relação pragmática, faz com que o aparelho incorpore, implicitamente, os conceitos e conhecimentos que participam da sua definição teórica. Confirma-se, então, a proposta de Rabardel, segundo a qual o instrumento pode ser considerado como uma modalidade de fixação externa das aquisições do sujeito, se tornando assim um meio de capitalização de experiências acumuladas. Neste sentido, ele afirma que todo instrumento é conhecimento<sup>135</sup>.

Em nossas experimentações podemos identificar este mesmo caminho, na definição de um instrumento, indo da componente esquemática à sua componente artefactual, na situação do mestre ao definir sua estratégia de ação. Ao optar pelo perspectógrafo, o mestre procura materializar os conceitos que ele dispõe, de maneira a criar um instrumento de mediação, através do qual ele possa interferir nas representações do aluno. Este tipo de opção não se restringe ao estudo aqui apresentado. Encontramos o mesmo encaminhamento em Colmez, Parzysz e Thomas, através da adoção da « janela de Dürer », no ensino da geometria do espaço, em Bautier, e o uso de uma outra forma de perspectógrafo para a dedução matemática da deformação imposta pela projeção central, em Georges e Higél e a adoção do mesmo tipo de projetor, que já tinha sido utilizado por Piaget e Inhelder, no estudo da representação do espaço na criança.

Assim como no caso deste estudo, todos os outros estudos mencionados podem ser enquadrados no campo da engenharia didática que supõe, em princípio, três fases sucessivas - a construção do sentido pelo aluno, a transformação deste sentido e finalmente o reinvestimento do mesmo sobre o problema inicial -, mas que só pode ser iniciado, uma vez feita a escolha, pelo mestre, do instrumento a ser incorporado à mesma. Nesta escolha, a construção do instrumento segue um processo de gênese instrumental, que permite à definição de um artefato, segundo critérios ligados às formulações científicas, julgado adequado a um conteúdo teórico definido. A construção de um instrumento seguindo esta direção - esquema ➤ artefato -, indica um processo de pesquisa, ligado ao mestre e ao conteúdo de

---

<sup>134</sup> Rabardel, Pierre (1995) *Les Hommes et les technologies*, opus. cit.

<sup>135</sup> Ibidem, p. 91.

um conhecimento, diferente daquele experimentado pelo aluno, quando tem início sua ação com o mesmo. Para o mestre o aparelho é uma representação material do ambiente e das ações e efeitos da projeção cônica num espaço real.

O segundo sentido possível na construção do instrumento é aquele, mais clássico, que parte de um objeto material fabricado que, ao ser inserido em um uso, se encontra na origem de construções de esquemas, permitindo assim sua gênese. A primeira fase do processo de engenharia didática, discutido por Vergnaud, consiste em permitir a construção pelo aluno de conhecimentos como ferramentas implícitas de solução em uma situação não didática<sup>136</sup>. O instrumento é então gerado em um processo de atribuição de senso como aquele descrito nas experimentações, onde o aluno descrevia o ponto de observação e indicava o anel metálico. Outros exemplos foram identificados, confirmando o processo de gênese instrumental, como o esquema do « não se pode mexer a cabeça », construído ao longo da primeira ação de produção gráfica.

Na integração do instrumento ao campo da engenharia didática, este segundo sentido de construção do mesmo, é um ponto importante na condução do processo de aprendizagem. Porém, é preciso distinguir o primeiro sentido, aqui proposto, e considerá-lo como sendo a origem da opção por este, ou aquele objeto material fabricado. A escolha do perspectógrafo neste estudo, assim como aquela da « janela de Dürer », de Colmez, Parzysz e Thomas ou de Bautier, a opção pelo projetor de Piaget e Inhelder, retomado por Georges e Higele, permite uma identificação da componente material, em uma tripla relação com os elementos do modelo das situações de ensino. Considerando o polo do saber, o artefato se insere em um processo de capitalização das aquisições conceituais acumuladas. Por esta razão, ele é considerado como adequado, como opção de materialização de uma parte dos conteúdos conceituais, que se encontram desenvolvidos junto ao polo do mestre. Por outro lado, ao considerarmos o polo aluno, o artefato se insere em um processo de atribuição de sentido, a partir da ação do mesmo, resultando em construções, que servirão à segunda fase do processo da engenharia didática na qual, segundo Vergnaud, o professor conduz um processo de institucionalização, no qual ele transforma os aspectos socialmente reconhecidos em objeto explícito. No âmbito deste estudo, este processo corresponde à mudança

---

<sup>136</sup> Vergnaud, Gérard, (1994), *Apprentissages et didactiques, où en est-on?*, Hachette, Paris, p. 79.

do sistema de significados e o reconhecimento dos elementos básicos da geometria projetiva e suas restrições.

## **5.2 - O instrumento como mediador**

Ao analisarmos a condição de mediador do perspectógrafo, enquanto artefato à vocação instrumental, em uma situação de ensino, a mediação entre sujeito e objeto, proposta no modelo SAI, se mostra eficaz mas requer uma adaptação, visto que nesta situação identifica-se três pólos distintos, aluno, mestre e o saber em questão. Em uma situação didática, em presença de três elementos distintos, torna-se possível uma tripla mediação. Neste sentido, a proposta do modelo SEI visava, e se mostrou, como uma ferramenta de análise, que poderia permitir a identificação das relações que são ativadas nas diversas situações que foram experimentadas.

Verificamos através das análises, segundo a dinâmica do modelo SEI, que o artefato material representado pelo perspectógrafo confirma sua vocação instrumental, quando inserido em diversas situações mas que as mediações que o mesmo promove, são de natureza diferente e mesmo seguindo uma história de gênese instrumental por vezes distinta. Destacamos, anteriormente neste capítulo, os dois movimentos distintos na construção do instrumento, quando o mesmo se refere ao mestre, ao saber e mesmo ao aluno. Estas diferentes maneiras de constituição da entidade instrumental indicam diferentes formas de mediação, que o mesmo pode promover. Rabardel destaca duas formas de mediação possíveis: a mediação pragmática e a mediação epistêmica.

Tanto na primeira, como na segunda experimentação, a ação com o instrumento segue uma orientação no sentido de uma mediação pragmática. Os resultados das ações dos alunos indicaram a construção de conceitos em ato, a identificação de invariantes operatórios e chegaram mesmo a confrontar o aluno à sua representação. Nos referimos especialmente, ao caso do aluno, que não conseguia « acreditar » naquilo que ele estava vendo, ao desenhar linhas convergentes que ele conhecia como sendo paralelas. Este tipo de mediação estabelece uma área comum entre o conhecimento do aluno e o conteúdo em perspectiva, ainda que ele esteja sob uma forma pragmática. De fato, a construção de uma relação pragmática com o conteúdo corresponde ao primeiro passo da engenharia didática, onde se permite que o aluno construa seus próprios esquemas, identifique o sentido



possível, e aborde individualmente o conteúdo implícito em questão. O aluno identifica a necessidade de manter o olho, ou a cabeça, imóvel durante sua ação. Ele atribui ao anel o significado de ponto de observação, ele age sobre o mesmo de modo a verificar suas previsões.

O instrumento media então uma relação entre o aluno e o conteúdo pragmático da perspectiva, assim como o fez Colmez, Parzysz e Thomas ou Bautier, ao solicitar a seus alunos a executar o desenho de um cubo esqueleto sobre a janela de Dürer. A situação de produção faz do instrumento não apenas um universo intermediário, mas também um meio de ação, através do qual o aluno interfere em um objeto, neste caso, no domínio da perspectiva. Bautier visava utilizar as construções feitas pelos alunos, na ação para a dedução matemática das deformações obtidas, de maneira a poder prever outras novas deformações. Assim, ele colocava ao lado do primeiro objeto desenhado sobre o quadro de referência, um segundo objeto e solicitava aos alunos a construção de fórmulas matemáticas, que permitissem antecipar a forma que o mesmo geraria. Esta mesma estratégia corresponde à segunda antecipação da primeira experimentação, quando a mesma solicitação de Bautier era feita aos alunos, mas as ferramentas colocadas à disposição incluíam o quadro geométrico e não o quadro matemático. Em uma primeira fase do processo de ensino da engenharia didática, a situação construída não se apresenta como uma situação didática, nem mesmo como um conteúdo específico. Esta liberação de uma situação delimitada visa a permitir ao aluno a criação de seus próprios referentes, mesmo que eles sejam implícitos em sua ação.

A segunda fase do processo de condução do ensino utiliza as construções dos alunos para proceder a uma fase de institucionalização, termo utilizado por Vergnaud. Nela o mestre conduz um processo de formalização dos aspectos ou ferramentas implícitas, que foram utilizados pelos alunos, se preocupando em concentrar-se naqueles que são pertinentes ao conteúdo que se deseja ensinar, de maneira a torná-los objetos explícitos. Esta transformação corresponde então ao início de uma relação epistêmica com o conhecimento em questão. Na terceira experimentação realizada neste estudo, a condução da mudança no sistema de significantes implicou em uma operação de explicitação das ferramentas implícitas dos alunos. A identificação do anel como ponto de observação foi operada pelos mesmos. Ao mestre coube a sua formalização ou explicitação, de maneira à que o novo objeto explicitado pudesse integrar um repertório de conhecimentos formais,

dos quais o aluno não só participou mas cuja ação se encontra em sua origem. No caso do perspectógrafo e da perspectiva, o início de uma relação epistêmica com o conteúdo faz com que se estabeleça uma fase intermediária, onde instrumento material e instrumento psicológico convivem em uma fase de transição. Isto porque, o objetivo da ação do ensino é de promover a interiorização da ferramenta gráfica, de modo à que ela integre os instrumentos psicológicos a disposição do aluno. Mas, para tanto, se recorre a um instrumento material que simula alguns de seus aspectos. Assim, será incontornável uma fase transitória onde o perspectógrafo, enquanto instrumento, mediará a relação do aluno com a perspectiva, enquanto um outro instrumento. Considerando o fato de que os dois instrumentos comportam uma componente material distinta, a relação entre seus conteúdos ou suas componentes esquemáticas mantém uma estreita similaridade. Similaridade esta que serve de base para o mestre na condução da mudança do sistema de significantes para um significado comum, o ponto de observação por exemplo.

Esta troca de significantes corresponde ao sentido dado por Douady<sup>137</sup> ao « jeux de cadres », quando uma noção matemática pode ser interpretada em um quadro geométrico ou em um quadro aritmético. Ela utiliza esta troca de *quadros* para que o aluno possa verificar a utilização de uma noção em ambientes ou situações diferentes, mas que guardam uma similaridade em termos de essência de seu conteúdo. A situação de ação com o perspectógrafo pode ser considerada como um *quadro* material, cuja similaridade com um *quadro* geométrico já foi aqui largamente discutida. Assim como em Douady, a troca de situação serve para testar as hipóteses de trabalho do aluno, segundo um ponto de vista diferente servido como estratégia para buscar uma solução. No caso dos bloqueios da segunda experimentação, quando ao regular o aparelho para obter a perspectiva desejada, o aluno não conseguia identificar a situação de redução projetiva, o recurso a um outro *quadro* foi conduzido pelo mestre, no caso à realidade externa ao aparelho: o mestre induz o aluno a se posicionar de modo a ver a parte superior de uma mesa, de forma que ela se reduza a uma reta. A mudança na situação visa a buscar uma solução, uma vez que na situação original se estabeleceu o impasse. A mesma troca de ponto de vista se encontra na condução da mudança no sistema de significantes, quando uma relação pragmática com a perspectiva, mediada pelo instrumento, fornece dados e conceitos a serem transformados, socializados ou

---

<sup>137</sup> Douady, Regine (1986), Jeux de cadres et dialectique outil-objet, in: Recherche en Didactique des Mathématiques, Vol. 7/2, La Pensée Sauvage, Grenoble.

institucionalizados, tornando-se elementos do campo da geometria e iniciando uma mediação epistêmica com este método de representação gráfica. O saber pragmático e o saber epistêmico se distinguem em termos de ponto de vista mas eles integram um mesmo campo conceptual, definido por Vergnaud, no qual os conhecimentos não podem ser fragmentados, recortados ou separados, eles integram um todo e a troca de ponto de vista, do *quadro* ou da situação, contribui na consolidação de seu domínio.

### 5.3 - As lógicas do instrumento

Ao considerarmos o perspectógrafo, em sua vocação instrumental, como um elemento integrante da dinâmica do ensino verificamos que ele implica em diversas situações diferentes, seja no sentido da ação ou mesmo naquele de sua própria construção, enquanto instrumento. Nas experimentações que foram implementadas neste estudo, destacamos o uso do aparelho enquanto meio de ação na produção de perspectiva (primeira experimentação), e na gestão dos parâmetros da mesma (segunda experimentação). Colmez, Parzysz e Thomas o utilizavam também como um meio de controle e de verificação das ações efetuadas no campo da representação geométrica, utilizando assim o *jogo de quadros* ao qual se refere Douady em seu processo de engenharia didática.

As diferentes lógicas que entram em ação, seja na programação do ensino, destacadas por Vermersch<sup>138</sup>, ou a concepção e uso dos instrumentos, indicadas inicialmente por Leplat e largamente discutida por diversos outros autores, implicam também em diferentes maneiras de interagir com o perspectógrafo. A lógica da pesquisa, mencionada no segundo capítulo, com seus objetivos quase inesgotáveis, fez com que a concepção do artefato resultasse de uma necessidade de concretização das elaborações abstratas dos pesquisadores do século XVI. A lógica didática fez com que o aparelho fosse reconhecido como um detetor de conhecimentos implícitos e assim adotado em um processo de condução da aprendizagem. Porém, os conhecimentos implícitos que o mestre identifica no aparelho correspondem à sua própria representação do conteúdo teórico, que ele deseja ver construído junto aos alunos. Já comentamos anteriormente que a construção do instrumento junto ao mestre corresponde a um processo de

---

<sup>138</sup> Vermersch, Pierre (1979) *Analyse de la tâche et fonctionnement cognitif dans la programmation de l'enseignement*, opus cit.

materialização de conteúdos conceituais já construídos. Construção esta que se opõe diametralmente àquela feita pelo aluno, implicando em uma lógica própria ao aprendizado ou à construção do sentido na ação.

A relação do aluno com o perspectógrafo, no sentido da construção de um instrumento, tem como base a situação de ação, em termos de produção e de gestão. Uma situação que foi planejada pelo mestre com o objetivo de que através dela o aluno construísse seus esquemas e participasse assim da gênese de seu próprio instrumento. Isso implica em uma lógica própria ao aluno em sua relação com o aparelho. Esta lógica de utilização considera as condições da ação e do seu objetivo, enquanto produção de perspectiva, ou de regulagem do aparelho e não permite, em um primeiro momento, que se perceba qual seria a lógica de funcionamento do mesmo. A distinção entre ambas, do ponto de vista do aluno, equivaleria ao desenvolvimento de uma representação mais aprofundada em uma relação epistêmica com o saber em perspectiva. A lógica de utilização inclui a organização das ações necessárias para atingir o objetivo traçado pelo mestre, a gênese do instrumento pode então se efetivar. A lógica do funcionamento se refere à compreensão das razões que levam ao tipo de transformação que é obtido e à possibilidade de prever seus efeitos, de maneira a considerar os usos aos quais o instrumento pode ser implicado. Neste caso, supõe-se a compreensão do processo projetivo que entra em jogo na ação de forma implícita.

Nas situações de bloqueio encontradas por Colmez, Parzys e Thomas em seu processo de condução da aprendizagem, o aparelho era utilizado como forma de controle, ou como verificação das antecipações feitas. Entra em ação então uma lógica ligada ao funcionamento do aparelho, enquanto instrumento simulador e da perspectiva, enquanto instrumento de representação gráfica. Para que o alunos façam a opção de voltar ao aparelho, mudando assim o *quadro* de análise, para uma verificação ou mesmo para a busca de uma resposta, considera-se que o mesmo adquiriu o estatuto de prova, de instrumento de simulação, no qual podem ser operadas as transformações e cujas respostas irão permitir a evolução da análise no *quadro* geométrico, onde se apresentava o bloqueio. Neste caso, o instrumento material entra em ação, a partir de uma opção do aluno, que recorre ao mesmo com a certeza de obter uma resposta que lhe permitira evoluir em uma outra situação, no caso, aquela da representação gráfica. Esta resposta que busca o aluno na ação com o instrumento, refere-se principalmente à uma lógica de

funcionamento do mesmo, implicando em uma relação epistêmica com o conhecimento em construção.

Neste mesmo sentido o perspectógrafo serviu, neste estudo, de « argumento de prova » para as previsões de um aluno quanto à transformação do objeto observado, quando da mudança do ponto de vista. O recurso ao instrumento, proposto pelo mestre, corresponde a um recurso à verificação, supondo que o aparelho já tenha adquirido o estatuto de instrumento de controle. Este estatuto, no entanto, não constitui um pressuposto do aparelho. Ele é construído na ação, e mesmo nela, ele pode ser questionado, na medida em que a resistência de certas representações do aluno sejam difíceis de serem ultrapassadas. Podemos retomar aqui o caso de Van, cuja verbalização foi destacada na primeira experimentação. Ao executar seu desenho, ela não conseguia assimilar as informações obtidas como sendo viáveis. A ação com o aparelho fazia com que a representação de duas linhas paralelas fosse feita através de linhas convergentes. Van não considerava que esta transformação fosse possível e decidiu questionar o resultado obtido, ao invés de recusar o conteúdo de sua própria representação. Para ela, neste momento o aparelho não havia ainda adquirido o estatuto de prova, ela não havia ainda identificado os elementos de sua lógica de funcionamento.

O instrumento integrou não só as atividades de ação, mas ele estava também presente em uma aula expositiva, e neste caso, seu estatuto tende ao de meio de ilustração. Neste caso, ele não é utilizado como um meio de produção de desenho, mas como uma referência no processo de institucionalização conduzido pelo mestre. Para identificarmos sua vocação instrumental, nesta situação, devemos considerar que tanto o aluno como o mestre, em suas relações individuais com o aparelho, passaram por uma fase onde foi possível, de um lado, a construção do sentido e de outro, a interpretação material do conceito já existente. Na situação de condução do processo de mudança do sistema de significantes o mestre provoca uma mudança de *quadro*, passando para o meio de expressão gráfico e seus códigos particulares. O sentido que o aluno construiu em sua ação com o instrumento é assim transportado para um outro modo de expressão. O elemento real serve então de referência para as construções em um segundo modo, ou *quadro*. Esta relação entre os modos de expressão e as possibilidades em termos de condução didática corresponde às estratégias adotadas por Piaget e Inhelder ou por Georges e Higele ao optarem pelo projetor para analisar a construção da

representação do espaço. O instrumento de ilustração, no caso um projetor e uma tela, não só fornecem as informações necessárias para definir a situação problema, mas servem também como instrumento de verificação e controle dos resultados ou das antecipações feitas pelo aluno, ainda que seja exigido dos mesmo uma abstração quanto aos raios luminosos, que no projetor são convergentes e no conteúdo teórico abordado são paralelos. Assim, a limitação material do aparelho escolhido para materializar o conteúdo, tenta ser superada através de uma convenção preestabelecida de que os raios de projeção devem ser considerados paralelos.

O instrumento define assim a situação sobre a qual o aluno deve trabalhar. Os elementos materiais do mesmo adquirem um sentido suplementar que aquele do aspecto tecnológico. As ações do aluno se passam, porém, unicamente no campo abstrato, retornando ao instrumento material unicamente para a verificação, ou para a resolução de um impasse. A mudança do campo de ação, ou do quadro, se mostra útil sempre que o aluno se encontra em situação de impasse em um dos campos e um outro campo se mostra mais simples, para a busca de uma solução. O jogo requer, porém, que esta solução, encontrada ou identificada em um segundo *quadro*, seja transferida, traduzida ou interpretada no *quadro* onde se apresentava o impasse. A ação em um dos *quadros* implica então na modificação na representação do aluno em um outro. E desta forma o aluno se mantém ativo em sua pesquisa, podendo avançar em sua busca de uma solução, contando unicamente com a condução do mestre, e não com sua intervenção, em termos de trazer a solução para o impasse.

As características dos campos onde podem ser interpretados os problemas e onde o aluno pode alternar sua busca de solução, indicam a complementaridade e as especificidades de cada um deles. Em um dos exemplos fornecidos por Douady, o problema é resolvido utilizando um *quadro* numérico, um *quadro* gráfico e um *quadro* algébrico. A mudança de *quadro* se faz na medida em que se torna mais fácil buscar um resultado em um outro *quadro*. Assim, verificamos que cada campo comporta operações consideradas mais simples, complementando assim um outro campo. Para a definição dos lados de um retângulo, o campo geométrico permite uma melhor visualização, mas para o cálculo de sua área o *quadro* numérico se mostra mais adaptado. No caso do estudo do desenho técnico, conduzido por Georges e Higele, o campo geométrico guarda uma relação com o campo material,

representado pelo projetor e pela tela. As respostas obtidas neste último levarão à uma recondução da solução no primeiro. A velocidade de obtenção de uma resposta no campo material é uma característica que faz com que o recurso a este *quadro* se aplique à verificação.

Em nosso estudo o *jogo de quadros* só pode ter início à medida em que se estabelece a relação epistêmica, com a perspectiva em termos de representação gráfica. Este segundo campo de ação em perspectiva se complementa ao primeiro, no sentido da construção do instrumento interiorizado. Na terceira experimentação, ao utilizar o instrumento na gestão do ensino, pudemos verificar a relação entre os dois instrumentos e seus campos específicos. Ao solicitarmos a um aluno a antecipação da transformação do objeto, quando da modificação do ponto de vista, ele formula então uma previsão, se baseando nos conteúdos abstratos de sua representação do problema. A mudança do *quadro* se mostra útil, então, para uma ação em termos de verificação. O aluno age sobre o instrumento de forma a testar sua resposta e de, em caso de insucesso, modificar o conteúdo da mesma. O mesmo recurso era também utilizado por Colmez, Parzysz e Thomas, em sua pesquisa. Sempre que os seus alunos se encontravam em situação de impasse ou bloqueio, no *quadro* geométrico, eles eram convidados a modificar o *quadro* para obter mais facilmente a resposta, e em seguida, retornar ao *quadro* inicial e prosseguir na resolução do problema.

Para que este tipo de jogo seja possível é preciso, porém, que se estabeleça uma relação entre um *quadro* teórico/abstrato e um *quadro* pragmático/concreto, de forma a que ambos se complementem. E neste caso, voltamos ao conteúdo do primeiro item deste capítulo, quando comentamos sobre a forma de construção dos instrumentos em termos de materialização de um saber específico. Esta relação pode permitir uma evolução de uma conceptualização pragmática dos conceitos em questão à uma conceptualização epistêmica dos mesmos. O jogo de quadros se torna então uma complementaridade entre o pragmático e o epistêmico, mostrando que, apesar de relações diferentes, elas são interdependentes, contribuindo para a efetiva relação do aluno com o conhecimento sob diferentes formas.

#### **5.4 - O papel do instrumento na engenharia didática**

O estudo que conduzimos visava principalmente a estabelecer o papel dos instrumentos em um processo de ensino e seus efeitos nas estruturas da competência. Para tanto, analisamos a constituição histórica do instrumento, os processos de gênese que podem dar origem ao mesmo e as relações que ele pode estabelecer com os elementos de uma situação de ensino. No entanto, na dinâmica do ensino é preciso distinguir as diferentes fases evolutivas, que podem explicar como o instrumento interfere, de maneira a contribuir para a construção do conhecimento. As três experimentações que foram apresentadas representam uma abordagem evolutiva da incorporação do instrumento à dinâmica do ensino. Na primeira e na segunda experimentação os alunos são expostos à uma ação direta com o instrumento, que media uma relação com o conhecimento em perspectiva, seja ele sob a forma de produção gráfica, ou de ação sobre os parâmetros da mesma. Na terceira experimentação, o instrumento participa na gestão da transformação de seu sistema de significantes, que conduz à definição de um segundo *quadro* de análise do conteúdo.

A ordem das experimentações não representa um acaso de uma metodologia de pesquisa, mas a implementação das etapas de um processo de engenharia didática, ao qual o instrumento foi incorporado. Ela foi decidida em uma análise prévia de concepção, tendo como base um quadro teórico geral e os conhecimentos didáticos, já adquiridos no domínio em questão<sup>139</sup>, incorporando as potencialidades da teoria da atividade com instrumentos. Assim, nas duas primeiras experimentações, foi possível identificar a construção de esquemas de uso e de conceitos em ato, através da atividade imposta pelo instrumento, que apresentam uma similaridade conceptual com o conteúdo epistêmico da perspectiva, enquanto método de expressão gráfica. O processo de gênese instrumental foi estimulado pela condução do mestre às situações propícias à construção do sentido, para certas partes do aparelho. Esta fase de construção do sentido é determinante de toda a evolução do processo. Douady a considera como a primeira etapa de um processo da dialética entre ferramenta-objeto. Podemos considerar aqui que a terminologia de ferramenta, empregada por Douady, pode também ser interpretada como um instrumento, na medida em que ela estabelece como objetivo de seu processo a explicitação da mesma, de forma a que ela seja reinvestida sobre o próprio aluno, se tornando uma ferramenta para obter uma solução. Os

---

<sup>139</sup> Artigue, Michèle (1990) Ingénierie Didactique, in: Recherche en Didactique des Mathématiques, vol.9/3, La Pensée Sauvage, Grenoble.



conhecimentos construídos são considerados então como instrumentos de ação, na solução de novos problemas. Colmez, Parzysz e Thomas também se referem às elaborações construídas a partir dos problemas propostos (regras da geometria do espaço), como ferramentas que se tornaram objeto de estudo, sendo assim institucionalizados<sup>140</sup>. O processo de institucionalização corresponde então, à explicitação dos invariantes identificados na ação do aluno e a sua *tradução*, em um novo *quadro* de análise, através da mudança do sistema de significantes para o sentido construído.

Na construção deste sentido se define um dos *quadros* de análise do conteúdo, objeto da ação didática. Em Colmez, Parzysz e Thomas, a primeira ação dos alunos consiste na produção de um desenho com a ajuda do aparelho. Esta primeira etapa é a mesma em Bautier, assim como em nosso estudo. Na ação com o aparelho a atividade que o mesmo impõe leva o sujeito às construções de sentido, necessária à evolução do processo. Bautier utiliza as produções gráficas para introduzir um *quadro* de análise matemático, partindo para a busca da identificação de invariantes, a serem expressos por fórmulas matemáticas. Colmez, Parzysz e Thomas introduzem ao *quadro* material um *quadro* geométrico, no qual eles conduzem a construção de um novo instrumento. O retorno ao *quadro* material é constantemente estimulado, sempre que ele se mostre mais adaptado para a resolução de um problema particular, que se mostrou de difícil apreensão no *quadro* geométrico.

A mudança do sistema de significantes, conduzida pelo mestre, representa então a definição do segundo *quadro*. O sentido, construído na ação e vinculado a uma componente material do aparelho, passa a ser associado a um outro significante do novo *quadro*, que o mestre deseja introduzir. O instrumento que foi construído na ação, pela atribuição de um sentido a certas partes do artefato, serve então de base para a condução da transformação do sistema de significantes. Um novo instrumento se constrói no segundo *quadro* apresentado. Desta vez, sua geração é feita pela atribuição de um significante ao significado, já construído no instrumento material. Assim, o ponto de observação, que no campo real é o vértice de um cone óptico, é um significado construído que será representado, no instrumento material, pelo significante anel metálico. Este mesmo significado pode ser associado, desta

---

<sup>140</sup> Colmez, F., Parzysz, B., Thomas, C., (1992), Enseignement de la géométrie dans l'espace en BTS d'arts appliqués, opus. cit.

vez, não pela ação direta com um instrumento, mas pela condução do mestre, a um significante arbitrado, mas socialmente aceito, como é o caso do ponto materializado pela cruz.

Assim, o aluno é conduzido ao segundo ponto de vista, ao segundo *quadro* de análise e a construir um segundo instrumento. O aparelho e os códigos do sistema gráfico encontram algumas similaridades, em termos da relação entre significante e significado. Assim, a construção do sentido feita no campo material, através do processo de gênese instrumental, constitui o elemento estável, na transformação do *quadro* de análise. Tanto o sentido, como o elemento real, que ambos os significantes representam, são os mesmos. É esta similaridade que permite que sejam realizados os *jogos de quadros*, de maneira a explorar cada um dos instrumentos, segundo suas potencialidades. Colmez, Parzysz e Thomas utilizam mesmo um terceiro *quadro*, além da janela de Dürer e da geometria, fazendo um paralelo entre ponto de vista e o diafragma da fotografia, entre o plano do quadro e o filme, entre a distância ao quadro e a distância focal.

A adoção do artefato, que incorporado em uma ação adquire o estatuto de instrumento, representa então um acesso aberto ao aluno para o domínio do saber que se deseja inserí-lo. A abordagem é feita de maneira a atingí-lo em sua representação fornecendo, em um primeiro nível, a possibilidade de executar uma ação com sucesso. O instrumento permite assim a criação de uma área de interação entre mestre e aluno, a atribuição de uma significação a seus elementos materiais, que servirá como ligação ao processo de definição de novas situações ou de novos *quadros*, e finalmente, a definição de um campo de discussão acessível a ambos. Se confirma assim a vocação do instrumento à mediação, tal como ele foi definido inicialmente por Vygotsky. Ele pode contribuir na busca da sincronização, necessária para que o diálogo entre mestre e aluno possa encontrar um mesmo referente. Verificamos na terceira experimentação, em diversas ocasiões, que as defasagens entre a representação do mestre e aquela do aluno, se encontravam na origem de diferentes interpretações de um mesmo conteúdo. Assim, o aluno falava em retas que se afastam e o mestre esperava entender retas perpendiculares, o aluno define retas que mantém a mesma distância e o mestre as vê como paralelas. A situação onde estas defasagens foram identificadas tinha como referente o instrumento e assim ele representava um domínio acessível a ambos, mestre e aluno, a partir do qual poder-se-ia identificar, e assim superar, a

defasagem entre as duas representações. Assim, antes de conduzir o aluno a um domínio com o qual ele apresenta pouca ou quase nenhuma intimidade, o mestre o apresenta a uma situação material, na qual o aluno pode encontrar as referências necessárias, permitindo que ele seja conduzido a um segundo e mesmo a um terceiro *quadro* de análise do conteúdo, no qual se pretende que ele construa seu conhecimento. O primeiro *quadro*, aquele onde o instrumento foi gerado, e no caso do perspectógrafo, simula os efeitos projetivos em termos materiais, funciona então como campo de prova, como referência em termos de verificação, sempre que alguma dúvida persista na utilização do instrumento de representação gráfica. Para Colmez, Parzysz e Thomas, esta reversibilidade, entre o espaço gráfico e o espaço real, permite conferir um sentido às principais noções da perspectiva (ponto de fuga, ponto de distância, linha do horizonte), fazendo com que a realização de um desenho não se reduza à aplicação de regras fixas, mais ou menos arbitrárias e quase « mágicas »<sup>141</sup>. Esta observação nos envia à questão dos conhecimentos técnicos, que podem ser utilizados sem mesmo serem compreendidos, sendo resumidos à utilização em uma classe limitada de situações, nos levando a questionar o ensino, que é julgado através da simples resolução de problemas e não a partir da compreensão de sua solução. O aprendizado de uma regra, em termos de sua formulação e aplicação, sem a construção de um sentido que justifique sua origem e sua aplicabilidade, pode se tornar enganoso ou limitado. Neste sentido, a opção pela condução do aprendizado, a partir da construção do sentido seguido pela sua institucionalização, pode oferecer uma outra abordagem, que vem sendo explorada no processo da engenharia didática na qual as construções dos alunos se encontram na origem do encaminhamento didático. Para tanto, a introdução de aparelhos com vocação instrumental pode representar um meio, enquanto forma de construir o sentido necessário à inicialização do processo.

## 5.5 - O mestre como condutor do processo

Quando do aparecimento das teorias de epistemologia genética de Piaget que, ao estudar a construção do conhecimento junto à criança, preconizava que o aprendizado é um processo individual interno ao sujeito, a interpretação do papel do mestre passou a ser largamente questionada. Ainda que o ensino não tenha sido objeto de seus estudos epistemológicos, seu questionamento representa uma consequência lógica. As relações entre o ensino e a aprendizagem puderam ser

---

<sup>141</sup> Ibidem.

reavaliadas, a partir do momento em que se aprofunda o conhecimento sobre o processo de construção da representação junto à criança. As questões se voltavam ao fato de que se o aprendizado é individual ao sujeito como seria possível a efetivação de um ensino. Neste sentido, centrou-se o estudo da construção do conhecimento na figura do sujeito individual, nem mesmo na figura do aluno exposto ao ambiente escolar, levando a um afastamento das questões referentes ao mestre dentro do processo.

Ao levantar estas questões, não se pretende criticar as teorias de epistemologia genética, que foram mesmo adotadas como uma das bases teóricas deste estudo. As noções de equilíbrio da estrutura do conhecimento e os esforços para a reequilibração, que se seguem ao advento de uma perturbação a este equilíbrio, não estão sendo aqui questionadas, pelo contrário elas são adotadas como guia para a compreensão do processo. Não pretendemos questionar nem mesmo a idéia de que este processo é realmente individual e interno ao sujeito, mas propomos que o mesmo seja considerado como um processo que pode ser guiado, a partir de uma interferência externa, e neste caso, através da condução do mestre. De fato, a tomada de consciência dos mecanismos identificados nas teorias de Piaget é um ponto fundamental para que se estabeleça algumas regras de ação, que permitirão a interferência no mesmo. Para tanto, será preciso que se considere o ambiente didático como dinâmico, ou seja, um ambiente que forma uma classe de situação abrangente, que evolui no tempo através de uma dinâmica própria, na qual as sucessões de estados não podem ser tratadas como uma sucessão organizada de transformações<sup>142</sup>. Assim, o mestre pode pensar em conceber uma situação de forma a estimular um bloqueio, ou uma ruptura, no equilíbrio das estruturas do conhecimento do aluno e o mesmo não ocorrer, ou mesmo, se ver obrigado a tratar noções que não haviam sido previstas mas que se tornam necessárias para a continuidade de um processo de reequilibração.

Enfim, tanto para a construção de situações didáticas, como para a gestão da evolução das mesmas, as orientações da epistemologia genética são fundamentais para o mestre. Para que ele possa assumir o papel de condutor do processo de aprendizagem é preciso que ele conheça o mecanismo de seu funcionamento, de maneira a poder estimular um desequilíbrio como fonte da busca de um novo

---

<sup>142</sup> Rogalsky, J., Samurçay, R. (1993), Représentations de référence: outils pour le contrôle d'environnements dynamiques, in: Représentation pour l'action, Octares, Toulouse.

conhecimento, para o qual ele pode fornecer elementos. A idéia dos objetivos obstáculos de Martinand tem como origem a identificação de obstáculos, que determinam os objetivos a serem atingidos, através de sua superação. No caso de nosso estudo, identificamos algumas situações onde os alunos se viram face à um obstáculo: Van que não acreditava ser possível representar paralelas através de linhas convergentes; Luc que esperava poder ver o lado esquerdo da caixa assim que ela deixasse de ver o lado direito e, finalmente, os inúmeros bloqueios na regulação dos parâmetros perspectivados provocados pela redução projetiva de uma das superfícies da caixa. Em ambas as situações, a estrutura da representação dos alunos sofreu uma instabilidade, no primeiro caso, o obstáculo era um conhecimento estável, que resistia às modificações, e para que ele fosse rejeitado o aluno necessitaria de uma nova confirmação, confirmação esta que ela foi procurar junto ao mestre, avançando assim em sua ação. No segundo caso, o aluno identifica, em uma ação com o instrumento, a ineficiência de suas previsões, ao mesmo tempo em que ele as corrige, a partir da identificação de novos invariantes, que se tornam pertinentes para a ação. O mestre conduz assim o aluno a uma ação com o instrumento, na qual ele considera seja possível identificar os novos invariantes. Assim, o mestre conduz o aluno a efetuar, por seus próprios meios, uma correção no desequilíbrio identificado.

No caso dos bloqueios da segunda experimentação, o mestre assume novamente o papel de condutor do processo, na medida em que ele não faz a opção pela resposta simples e direta ao problema identificado pelo aluno. Neste caso, este último se deixa conduzir pelo primeiro em uma busca de um *quadro*, que o permita primeiramente reconhecer a redução projetiva, para em seguida validar uma situação, que poderia dar origem à mesma, estendendo então sua validade para a situação de regulação do aparelho. Nos diversos casos de bloqueio, na segunda experimentação os alunos encontravam a solução, mas para tanto, eles eram conduzidos pelo mestre. Assim, eles participam de maneira ativa à elaboração de seu conhecimento, como nos indicam Georges e Higele, que mantém como objetivo de seus princípios pedagógicos o da aquisição de um método de raciocínio e não de conhecimentos<sup>143</sup>. Ele visa assim provocar a aprendizagem de uma *forma de obtenção da solução*, ao invés de se centrar sobre a resposta correta pois, segundo ele, é preciso distinguir, no processo de obtenção da mesma, um raciocínio efetivo de uma aplicação pura e simples de uma receita memorizada.

---

<sup>143</sup> Georges, Y. e Higele, P. (1990) *Ateliers de dessin technique*, opus. cit., p. 75.

Para interferir no processo, o mestre deve então ser capaz de tratar os *erros* que ele identifica, através das verbalizações ou das produções gráficas, de modo a identificar sua origem, para então poder estabelecer uma estratégia para abordá-lo. As respostas dos alunos à existência ou não de linhas inclinadas no objeto, se revelam falsas, devido à compreensão da situação, objeto representado ou objeto real. As referências às linhas *que mantém a mesma distância* para designar linhas paralelas, revela um vocabulário específico não desenvolvido, ou simplesmente não ativado. A gerência destes tipos de erros leva o mestre à decisão por uma ou outra estratégia de condução, no primeiro caso é preciso explicitar uma distinção entre os espaços do objeto, no segundo é preciso reativar o vocabulário adequado. No caso das falsas previsões de Luc, a ação com o instrumento se mostra suficiente para corrigir as suas representações, no caso dos bloqueio ela exige uma condução mais contundente.

Vimos assim algumas das estratégias que podem ser utilizadas pelo mestre, na medida em que ele se encontra em situações específicas, dentro do ambiente dinâmico da condução didática: a elaboração de situações e a identificação de objetivos obstáculos; a forma de exposição dos alunos a estes obstáculos, sejam eles abordados através do instrumento ou não; a forma de conduzir os alunos a superar estes obstáculos e avançar assim na compreensão do conteúdo abordado; a condução à construção de dois ou mais quadros de análise para abordar o conteúdo, etc. Todos estes fatores e ações, externos ao aluno, interferem de forma decisiva no processo interno e individual de construção do conhecimento e da compreensão, eles entram em ação sob a forma de condução do processo, tendo o mestre como condutor.

## 5.6 - Um olhar sobre a competência

Para que se possa abordar algumas das dimensões da competência, naquilo que se refere às situações didáticas, deve-se levar em conta a distinção do sujeito da competência. Uma vez que uma situação de ensino comporta ao menos dois sujeitos, é possível identificar duas competências diferentes, assim, são diferentes os papéis, os objetivos, as lógicas e os instrumentos de cada um destes sujeitos. Destacamos parcialmente esta distinção ao discutirmos as atividades do mestre e as estruturas da competência (p.213). Observamos então, os movimentos

diametralmente opostos que correspondiam à busca da sincronização, entre a competência do mestre e aquela que o aluno deve construir, utilizando como base o modelo Compety. O mestre busca então uma referência, para reduzir seu nível de abstração do conteúdo ensinado, de forma a poder atingir o aluno que, por sua vez, busca uma porta de entrada concreta, que o permita introduzir-se no campo da abstração.

Ao definirmos o mestre como um ator da gestão e da condução do processo de aprendizagem, define-se implicitamente algumas das competências que ele deve desenvolver para efetuar sua tarefa. As questões abordadas neste estudo nos levam a considerar a competência para a identificação, no domínio do saber objeto do ensino, de uma área de entrada, abordável pelo aluno, através da qual serão dados os primeiros passos, no sentido da construção do sentido. No processo de engenharia didática, pelo qual fizemos a opção, esta área de acesso é materializada pelo primeiro *quadro* de análise, construído através da introdução do perspectógrafo, enquanto instrumento, que passou por um processo de capitalização dos conteúdos do saber. Uma outra competência implicada no processo é aquela da concepção das situações de ação, a serem propostas aos alunos, de forma a estimular a construção de esquemas pertinentes ao aprendido e a identificação de invariantes operatórios, que ao serem explicitados, podem se tornar um novo instrumento à disposição do aluno, para o tratamento de novas situações. A geração de bloqueios, ou de impasses, pode representar uma estratégia útil para o progresso desta fase do processo da engenharia didática, mas ela implicará em outras competências para a identificação de suas origens e para a condução do aluno à sua superação.

Finalmente, entre as várias competências do mestre que podem ser evocadas, destacamos aquela da condução da mudança do sistema de significantes, definida por Douady, como um processo de institucionalização. Neste processo, entra em cena a capacidade de múltipla expressão que permite a condução à tomada de consciência das diversas óticas de abordagem de um mesmo conteúdo, alargando assim a validade do mesmo a novas classes de situação. Considerando esta competência como sendo do mestre, não se pode porém afastar aquela do aluno que construiu o sentido na sua ação em um primeiro *quadro* e que deve ser capaz de reconhecê-lo, em um segundo, construído a partir da condução do mestre. Cabe porém a este último, a capacidade de identificar os conceitos em ato, não

verbalizáveis, os invariantes operatórios da ação e os esquemas construídos, e que não foram explicitados, de forma a estabelecer a similaridade necessária com o segundo *quadro*, que se deseja construir, para que eles venham a ser explicitados, se tornando assim a origem possível de novos instrumentos para o aluno. Desta forma, o mestre estabelece uma vinculação entre os aspectos pragmáticos identificados pelos alunos e os conteúdos teóricos, ou epistêmicos, que ele deseja explicitar. O primeiro funcionando como acesso ao segundo, nos permite verificar a forma como os aspectos concretos podem permitir a evolução ao processo de abstração, necessários à aprendizagem. O mestre faz então a opção pelo uso do instrumento como uma forma de oferecer ao aluno um universo concreto e conhecido, que o permitirá a construção de estruturas a partir das quais, ele será conduzido à sua transformação, podendo assim, ascender à novas dimensões, até então não disponíveis em sua representação.

A fase de institucionalização ou de construção do segundo quadro, de tradução de sistema de significantes ou de explicitação, representa então um momento chave e central. Ela é o núcleo de todo o processo da engenharia didática e implica assim na competência de ambos os atores da situação. Se na fase da construção do sentido, o mestre, de um lado, concebe o instrumento e a situação de ação à qual o aluno será exposto, este último, de um outro lado, executa sua ação, desenvolvendo assim suas estruturas de conhecimento. Em ambas as situações, os atores se encontram isolados, ainda que a presença de um seja sempre uma evocação na ação do outro. Na fase de condução da mudança do sistema de significantes os atores estão em interação. O mestre conduz e o aluno se deixa conduzir, o aluno constrói o sentido e o mestre explicita o mesmo, propondo também sua tradução, o mestre leva a construção de um novo quadro e o aluno estende assim suas classes de situação, seguindo um processo de generalização e de abstração, das condições específicas da situação particular. Assim, podemos estabelecer os indícios de um processo de construção de competência junto ao aluno, destacando porém, seu aspecto germinal.

Em uma avaliação da construção da competência do aluno, em um processo de ensino/aprendizagem, é preciso considerar também a terceira fase do processo da engenharia didática, quando os objetos explicitados anteriormente passam por um processo de reinvestimento do aluno, sendo aplicado a novas situações, desta vez, adquirindo o estatuto de instrumento. A observância deste aspecto requer porém



um acompanhamento freqüente e prolongado. Ele corresponde, em nosso estudo, à gênese do novo instrumento, sêmico e interiorizado, da perspectiva, enquanto técnica de representação. Sua geração, a partir do sentido construído na ação com o perspectógrafo, foi explicitada através da terceira experimentação e da mudança do sistema de significantes. Porém, a identificação do desenvolvimento de competência junto ao aluno para o uso deste novo instrumento, na resolução de novas situações, requer outras experimentações, implicando em um longo processo de condução.

Quando um professor identifica um conjunto de dificuldades por parte do aluno no aprendizado de um conteúdo, como é o caso da geometria projetiva, diagnosticado por inúmeros trabalhos, ele deve procurar investigar suas origens, explorar outras estratégias, de forma a permitir ao aluno novas alternativas para a continuação de seu aprendizado. O processo de engenharia didática, com uma opção pelo trabalho, com a simulação do espaço, permitido pelo perspectógrafo, através da concepção de situações de ação em perspectiva e da condução da construção de novos quadros de análise, nos parece uma alternativa para um processo de ensino, onde os conhecimentos são deliberadamente apresentados, sob a forma de seus invariantes operatórios, para serem associados a um sistema de significantes e inseridos em uma situação. Obtêm-se assim, de forma intencional, a definição de um conceito, em suas três dimensões: invariante, significante e situação. Na proposta que investigamos, a entrada para o processo de conceptualização é feita pela situação, mais precisamente pela situação instrumental, onde os invariantes são identificados e construídos pelos alunos, sujeitos às condicionantes do aparelho e sob a condução do mestre. No âmbito deste trabalho apenas as noções básicas da projeção central foram abordadas, fazendo com que a definição da perspectiva, como um instrumento, nos revelasse seus primeiros passos.

A contribuição desta estratégia, para a efetivação de uma competência do aluno, para o trabalho no espaço projetivo das representações gráficas, requer porém, a continuidade desta pesquisa. Para tanto, deve-se dedicar à implementação da terceira fase do processo de engenharia didática, de modo a conduzir os alunos ao reconhecimento de seus novos instrumentos e o recurso aos mesmos, em novas classes de situações, buscando a definição de um domínio de ação. Para tanto, deve-se prever uma seqüência de ações didáticas, que aprofundem as questões conceituais e metodológicas da técnica da perspectiva, investigando as relações

entre os quadros de análise estabelecidos e a forma como eles podem contribuir para a flexibilidade do aluno, enquanto elaborador de seu próprio conhecimento e de sua competência, utilizando a condução do mestre como orientação.